



TUGAS AKHIR - TE 141599

**ALGORITMA SIMULATED ANNEALING UNTUK
MENYELESAIKAN MULTI DEPOT VEHICLE
ROUTING PROBLEM DENGAN VARIABEL
TRAVEL TIME**

**Raymond Lamhot Sinaga
NRP 2210100166**

**Dosen Pembimbing
Nurlita Gamayanti, S.T., M.T.**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

**SIMULATED ANNEALING ALGORITHM TO SOLVE MULTI
DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH
TRAVEL TIME VARIABLE**

Raymond Lamhot Sinaga
NRP 2210100166

Advisor
Nurlita Gamayanti, S.T., M.T.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

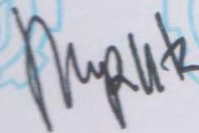
**ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* UNTUK
MENYELESAIKAN *MULTI DEPOT VEHICLE*
ROUTING PROBLEM DENGAN VARIABEL
*TRAVEL TIME***

TUGAS AKHIR

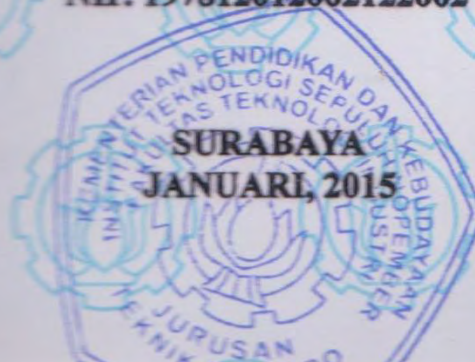
Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Nurlita Gamayanti, S.T., M.T.
NIP. 197812012002122002



ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* UNTUK MENYELESAIKAN *MULTI DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM* DENGAN VARIABEL *TRAVEL TIME*

Nama : Raymond Lamhot Sinaga
Pembimbing : Nurlita Gamayanti, S.T., M.T.

ABSTRAK

Beberapa tahun terakhir ini manajemen pengiriman barang menjadi perhatian bagi perusahaan-perusahaan besar. Maka dari itu dibutuhkan sistem distribusi yang efisien, sehingga permintaan dari konsumen dapat terpenuhi dengan tepat waktu. Pada tugas akhir ini membahas optimasi sistem distribusi pada perancangan rute dan penjadwalan. Permasalahan ini dapat dimodelkan sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP sendiri memiliki beberapa pengembangan seperti *Multi Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP), yang mana sebuah perusahaan memiliki lebih dari satu depot. Berdasarkan hasil penelitian ini, algoritma *Simulated Annealing* dapat menyelesaikan permasalahan MDVRP yang menghasilkan rute kendaraan dengan *travel time* yang minimum.

Kata kunci: MDVRP, optimasi, *Simulated Annealing*, *travel time*

Halaman ini sengaja dikosongkan

SIMULATED ANNEALING ALGORITHM TO SOLVE MULTI DEPOT VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TRAVEL TIME VARIABLE

NAME : Raymond Lamhot Sinaga
Advisor : Nurlita Gamayanti, S.T., M.T.

ABSTRACT

In recent years, management of logistics delivery to the attention of several major companies. And so we need an efficient distribution system that consumer demand for good logistics distribution and can be met on time. This paper discusses the optimization of the distribution system which includes route and scheduling design. These problems can be modeled by Vehicle Routing Problem (VRP). VRP itself has some development such as Multi Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP), in which a company has more than one depot. Based on these results, Simulated Annealing algorithm can solve MDVRP problem that produce vehicles with the minimum travel time.

Keywords: MDVRP, optimization, Simulated Annealing, travel time .

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur bagi Allah Bapa Yang Maha Kuasa atas segala berkah dan anugrah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul: ***“Algoritma Simulated Annealing Untuk Menyelesaikan Multi Depot Vehicle Routing Problem Dengan Variabel Travel Time”***. Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah memenuhi persyaratan untuk mencapai Gelar Sarjana Teknik pada Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Pada kesempatan yang berbahagia ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berjasa dalam proses penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Allah Bapa Yang Maha Kuasa atas karunia, berkat, anugrah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Mangatas Sinaga dan Rotua Nainggolan, serta kedua saudara kandung penulis, Indra Sinaga dan Irma Sinaga, atas dukungan, doa, dan semangat untuk keberhasilan penulis.
3. Ibu Nurlita Gamayanti, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah memberikan saran, masukan, serta bimbingannya.
4. Hendra Antomy, Wahyu NJ, Adi Pandu, S.T, dan Rizal yang telah meluangkan waktu berdiskusi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Keluarga besar e-50, terutama sahabat-sahabat penulis, Shandy, Faris, Nadir, Kuntha, Reza, Arief Budi, Afif, Dika, Wilda, dan Bimo atas kebersamaan, dukungan, dan doanya selama ini.
6. Rekan-rekan Lab B405, Rosyid, Randi, Amin, Wahyi, Adri, Yanu, Dian, Zefri, dan Fahmi atas kesediannya meluangkan waktu untuk belajar bersama dalam mengerjakan tugas, kuliah, dan menjaga Lab B405.
7. Segenap civitas akademika Jurusan Teknik Elektro ITS dan keluarga besar HIMATEKTRO atas dukungan, kerja sama, doa, dan masukannya selama proses perkuliahan maupun pengerjaan tugas akhir.

Besar harapan penulis agar buku ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari seluruh pembaca.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

| | HALAMAN |
|--|-----------|
| JUDUL | |
| LEMBAR PERNYATAAN | |
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan | 2 |
| 1.5 Metodologi | 2 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| 1.7 Relevansi | 4 |
| BAB 2 DASAR TEORI | 5 |
| 2.1. Permasalahan Jaringan | 5 |
| 2.1.1. <i>Graph</i> | 5 |
| 2.1.2. Notasi <i>Graph</i> | 5 |
| 2.2. Permasalahan Lintasan Terpendek | 6 |
| 2.3. Permasalahan Rute Dan Penjadwalan | 7 |
| 2.4. Vehicle Routing Problem | 8 |
| 2.5. Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Window .. | 9 |
| 2.6. Strategi Menentukan Depo | 10 |
| 2.7. Simplified Parallel Assignment | 11 |
| 2.8. Algoritma Nearest Neighbor | 13 |
| 2.9. Algoritma Simulated Annealing | 13 |
| BAB 3 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM .. | 17 |
| 3.1. Pengembangan Model dan Formulasi MDVRPTW | 17 |
| 3.2. Pemodelan Jaringan Jalan | 19 |
| 3.3. Representasi Dalam Bentuk <i>Graph</i> | 19 |
| 3.4. Tahap Penyelesaian Masalah | 22 |
| 3.5. Mencari Nilai Waktu Tempuh (<i>Travel time</i>) | 23 |

| | |
|--|------------|
| 3.6. <i>Simplified Parallel Assignment</i> | 24 |
| 3.7. <i>Nearest Neighbor</i> | 25 |
| 3.8. <i>Simulated Annealing</i> | 27 |
| 3.8.1. Operator..... | 28 |
| 3.8.2. <i>Insertion Heuristics</i> | 29 |
| BAB 4 HASIL DAN PENGUJIAN SISTEM | 35 |
| 4.1 Pengumpulan Data..... | 35 |
| 4.1.1 Data Ruas Jalan..... | 35 |
| 4.1.2 Data Aturan Ruas Jalan..... | 35 |
| 4.1.3 Data Lokasi Konsumen..... | 36 |
| 4.1.4 Data Rute Pelayanan Konsumen..... | 36 |
| 4.1.5 Data Volume dan Kecepatan Kendaraan | 36 |
| 4.2 Pengolahan Data | 36 |
| 4.3 Penerapan Perangkat Lunak | 37 |
| 4.3.1 Memasukkan Data Depot dan Konsumen..... | 37 |
| 4.3.2 <i>Clustering</i> | 38 |
| 4.3.3 Parameter <i>Simulated Annealing</i> | 39 |
| 4.3.4 Optimasi..... | 39 |
| 4.4 Pengujian Algoritma | 40 |
| 4.5 Analisa Hasil Pengujian..... | 53 |
| 4.6 Perbandingan dengan metode lain | 55 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 57 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 57 |
| 5.2. Saran..... | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA | 59 |
| LAMPIRAN | 61 |
| RIWAYAT HIDUP | 103 |

DAFTAR TABEL

| | HALAMAN |
|---|---------|
| Tabel 3.1 Atribut ruas jalan | 20 |
| Tabel 3.2 Atribut aturan ruas jalan | 21 |
| Tabel 3.3 <i>Time window</i> masing-masing <i>node</i> | 29 |
| Tabel 3.4 <i>Travel time</i> antar <i>node</i> dalam <i>graph</i> | 31 |
| Tabel 3.5 Perhitungan <i>time window constraint</i> untuk pemindahan pertama | 31 |
| Tabel 3.6 Perhitungan <i>time window constraint</i> untuk pemindahan kedua | 31 |
| Tabel 4.1 Data depot..... | 40 |
| Tabel 4.2 Data konsumen | 40 |
| Tabel 4.3 Hasil uji berdasarkan perubahan permintaan konsumen..... | 54 |
| Tabel 4.4 Hasil uji berdasarkan perubahan kapasitas depo | 55 |
| Tabel 4.5 Hasil perbandingan dengan metode lain | 55 |

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR GAMBAR

| | HALAMAN |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Notasi dalam <i>Graph</i> | 6 |
| Gambar 2.2 MDVRP dengan dua depot dan empat rute | 10 |
| Gambar 2.3 <i>Flowchart</i> algoritma <i>Simulated Annealing</i> | 15 |
| Gambar 3.1 Jaringan jalan dengan aturan belokan | 20 |
| Gambar 3.2 Representasi jaringan dalam bentuk <i>graph</i> | 21 |
| Gambar 3.3 Blok diagram penyelesaian permasalahan MDVRPTW | 23 |
| Gambar 3.4 Diagram alir algoritma <i>nearest neighbor</i> | 26 |
| Gambar 3.5 Rute inisial sebelum <i>insertion heuristics</i> | 30 |
| Gambar 3.6 Rute inisial setelah dilakukan <i>insertion heuristics</i> | 32 |
| Gambar 4.1 Gambar tampilan menu | 37 |
| Gambar 4.2 Gambar dialog setelah halaman menu INPUT DATA DEPOT dipilih | 38 |
| Gambar 4.3 Gambar dialog setelah halaman menu INPUT DATA KONSUMEN dipilih..... | 38 |
| Gambar 4.4 Gambar dialog setelah menu RUN dipilih | 39 |
| Gambar 4.5 Gambar rute kendaraan 1 dari depot 66 | 44 |
| Gambar 4.6 Gambar rute kendaraan 2 dari depot 66 | 45 |
| Gambar 4.7 Gambar rute kendaraan 3 dari depot 66 | 46 |
| Gambar 4.8 Gambar rute kendaraan 4 dari depot 66 | 47 |
| Gambar 4.9 Gambar rute kendaraan 1 dari depot 277 | 49 |
| Gambar 4.10 Gambar rute kendaraan 2 dari depot 277 | 50 |
| Gambar 4.11 Gambar rute kendaraan 1 dari depot 322 | 51 |
| Gambar 4.12 Gambar rute kendaraan 2 dari depot 322 | 52 |
| Gambar 4.13 Gambar rute kendaraan 3 dari depot 322 | 53 |

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian ini dibahas mengenai latar belakang Tugas Akhir, permasalahan yang ingin diselesaikan dalam Tugas Akhir, batasan permasalahan, beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan Tugas Akhir, tujuan Tugas Akhir, metodologi penelitian yang dilaksanakan, sistematika penulisan buku Tugas Akhir serta manfaat atau relevansi Tugas Akhir.

1.1 Latar Belakang

Masalah manajemen logistik dan transportasi adalah masalah yang biasa ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu permasalahan yang berkaitan dengan hal ini adalah masalah penentuan rute kendaraan dalam pendistribusian barang atau jasa. *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan masalah dalam mencari rute optimal untuk pengiriman atau pengumpulan barang atau jasa dari satu atau lebih depo ke sejumlah kota atau pelanggan dengan memenuhi sejumlah kendala. Masing-masing kendaraan yang digunakan dalam proses pengumpulan atau pengiriman tersebut memiliki kapasitas tertentu sehingga VRP sering juga disebut sebagai CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*). Tujuan yang ingin dicapai VRP adalah total biaya yang minimum. Total biaya minimum dicapai dengan meminimalkan *travel time* dan meminimalkan banyaknya kendaraan yang digunakan VRP yang memiliki kendala waktu tertentu (*time windows*) disebut *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) [1].

Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows (MDVRPTW) adalah pengembangan dari VRPTW yang bertujuan untuk membentuk rute optimal untuk memenuhi permintaan pelanggan, dimana penyedia jasa atau barang memiliki lebih dari satu depo dengan kendala kapasitas dan *time windows*. Dengan menyelesaikannya MDVRPTW maka diharapkan proses distribusi bisa lebih diterapkan dalam kondisi nyata, yaitu dengan menentukan rute-rute yang mampu meminimalkan *travel time*.

Permasalahan MDVRPTW cukup banyak dibahas oleh peneliti-peneliti dalam makalahnya meskipun dengan model permasalahan yang berbeda dengan Tugas Akhir ini. Metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah Algoritma *Simulated*

Annealing. Algoritma *Simulated Annealing* cukup banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan VRP, namun untuk permasalahan MDVRP masih sedikit yang menggunakannya.

Berdasarkan latar belakang di atas, judul yang dipilih untuk penelitian Tugas Akhir ini adalah “Algoritma *Simulated Annealing* untuk Menyelesaikan *Multi Depot Vehicle Routing Problem* dengan Variabel *Travel Time*”.

1.2 Rumusan Masalah

Pada tugas akhir ini permasalahan yang dihadapi adalah pengiriman barang yang dirasa terlalu lama oleh kosumen dari distributor air minum dalam kemasan CLEO wilayah Surabaya. Selain itu perlu diketahui bagaimana memodelkan permasalahan tersebut ke dalam MDVRPTW.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian tugas akhir ini dilakukan pada distributor air minum dalam kemasan Cleo yang memiliki 3 depo di kota Surabaya, sehingga data jaringan jalan hanya mencakup kota Surabaya. Muatan tiap kendaraan yang dimiliki adalah homogen. Data konsumen diasumsikan dan permintaan tiap konsumen tidak boleh melebihi muatan kendaraan. Kapasitas tiap depo diasumsikan setiap hari terisi penuh. Kendaraan harus berangkat dari depo dan kembali ke depo yang sama. Sistem pendukung yang digunakan adalah perangkat lunak Matlab dan Matlab GUI.

1.4 Tujuan

Tujuan tugas akhir adalah untuk merancang rute pengiriman barang masing-masing kendaraan yang dapat meminimalkan *travel time* pengiriman secara keseluruhan dan mengimplementasikan Algoritma *Simulated Annealing* ke dalam permasalahan tersebut. Kemudian dibuat perangkat lunak yang dapat memberikan informasi rute pengiriman barang.

1.5 Metodologi

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan metodologi yaitu studi literatur, pengumpulan data jalan, identifikasi dan pemodelan jalan, perancangan metode Algoritma *Simulated Annealing*, analisa dan pembahasan, dan terakhir penulisan buku tugas akhir

Pada tahap studi literatur dilakukan untuk menunjang penguasaan dan pemahaman tentang semua materi, informasi, dan konsep yang diperlukan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir. Studi literatur yang dilakukan meliputi kajian penelitian di berbagai jurnal, prosiding, buku teks, dan *e-book*. Beberapa hal yang dipelajari dalam studi literatur adalah tentang *Simulated Annealing Algorithm*, *Vehicle Routing Problem*, *Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Window*, Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, Travel Time, Pemrograman dengan Matlab serta Matlab with GUI. Kemudian tahap selanjutnya adalah pengumpulan data jalan, dilakukan untuk mewujudkan hasil penelitian yang valid dan objektif. Data jalan yang dikumpulkan meliputi lebar, panjang, kapasitas, dan kepadatan jalan. Setelah itu Identifikasi dan pemodelan jalan, untuk mendapatkan karakteristik jalan yang nantinya akan dimanfaatkan untuk menentukan rute optimal. Identifikasi dilakukan secara manual dengan menentukan model matematis dari MDVRP.

Perancangan metode Algoritma *Simulated Annealing* dilakukan dengan mengimplementasikan metode Algoritma *Simulated Annealing* yang telah ada untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Sistem yang akan dirancang berupa perangkat lunak pencarian rute optimal. Lalu dilakukan analisa dan pembahasan Metode yang telah dirancang sebelumnya akan dilakukan uji coba sistem terintegrasi dengan peta dan menganalisa hasil uji coba tersebut. Tahap akhir penelitian adalah penulisan buku tugas akhir.

1.6 Sistematika Penulisan

Buku tugas akhir ini disusun berdasarkan 5 bab dengan sistematika sebagai berikut:

1. PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang dasar penyusunan Tugas Akhir yang meliputi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika penulisan buku, dan relevansi tugas akhir.

2. DASAR TEORI

Bab ini berisi materi, informasi, dan konsep yang diperlakukan dan dijadikan sebagai kerangka berpikir dalam pengerjaan tugas akhir. Bab

ini meliputi penjabaran tentang Algoritma Simulated Annealing, VRP, MDVRP, *Travel Time*, dan hubungannya dengan kapasitas jalan.

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Bab ini menjabarkan semua tahap perancangan sistem penentuan rute dalam MDVRPTW dengan variabel *Travel Time* menggunakan Matlab.

4. HASIL DAN PENGUJIAN SISTEM

Bab ini menguraikan hasil implementasi metode Algoritma *Simulated Annealing* dengan peta di Matlab

5. PENUTUP

Bab ini berisi hasil dan kesimpulan tugas akhir serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya

1.7 Relevansi

Penelitian Tugas Akhir ini sebagai implementasi dari metode algoritma *Simulated Annealing* untuk selanjutnya dilakukan pengembangan dalam penelitian berikutnya. Selain itu penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar mengoptimalkan proses pengiriman atau pengambilan produk dari segi biaya dan waktu distribusi.

BAB 2

DASAR TEORI

Pada Bab ini akan dibahas beberapa uraian teori yang digunakan penulis penunjang dan landasan untuk mengerjakan Tugas Akhir.

2.1 Permasalahan Jaringan

Jaringan sekarang ini semakin luas dan diaplikasi di berbagai bidang. Jaringan fisik, yang sudah diidentifikasi sebagai bagian dari jaringan, berkembang di berbagai aplikasi dalam berbagai sitem yang berbeda seperti: komunikasi, hidrolis, mekanik, elektronik, dan transportasi. Permasalahan jaringan juga ada pada permasalahan optimasi [12]. Pembahasan masalah jaringan akan dibawa ke suatu bentuk *graph*.

Ada beberapa teknik optimasi yang dapat diaplikasikan pada permasalahan sistem yang biasa ditemui dalam dunia nyata yang diubah dalam representasi bentuk jaringan, diantaranya [2] :

1. Lintasan terpendek, dicari lintasan terpendek untuk menghubungkan suatu titik sumber dengan suatu titik tujuan.
2. Aliran maksimum, sama seperti permasalahan lintasan terpendek namun tiap aliran harus memenuhi kendala kapasitas.
3. *Minimum spanning tree*, menghubungkan sejumlah *node* melalui *arc-arc* yang memiliki nilai paling minimum..
4. Biaya minimum, menentukan pengiriman dengan biaya minimum dalam sebuah jaringan dari suatu *node* ke *node* lainnya.
5. Lain-lain yang merupakan variasi teknik optimasi diatas.

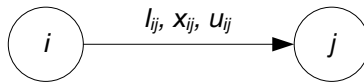
Teknik optimasi untuk jaringan adalah bentuk khusus dari program linier yang karena kekhususannya tidak perlu diselesaikan dengan tabel simpleks.

2.1.1 Graph

Suatu *graph* terdiri dari kumpulan *node*, atau disebut juga *vertex* dan kumpulan *arc*, atau disebut juga *branch*. Informasi yang disertakan dalam *graph* menjelaskan batasan-batasan serta kondisi *arc* dan *node* dalam *graph* tersebut [3].

2.1.2 Notasi *Graph*

Suatu *graph* G terdiri dari himpunan *arc* A dan himpunan *node* N dinotasikan dengan $G = (N, A)$. Batas kapasitas *arc* antara *node* i dan j terdiri dari batas kapasitas maksimum aliran yang diijinkan, dinotasikan dengan u_{ij} dan batas minimum aliran yang diijinkan, dinotasikan dengan l_{ij} . Besar aliran komoditas dalam *arc* dinotasikan dengan x_{ij} .



Gambar 2.1. Notasi dalam *Graph*

Sebagian besar jaringan memiliki batas minimum *arc* nol. Dan *Graph* yang tidak menyebutkan batas minimum aliran pada tiap *arc* diasumsikan memiliki batas minimum aliran nol [3].

2.2 Permasalahan Lintasan Terpendek

Permasalahan lintasan terpendek dapat digambarkan sebagai upaya pencarian lintasan yang mempunyai biaya minimum. Biaya lintasan adalah jumlah biaya semua *arc* yang membentuk lintasan tersebut [4].

Ada beberapa asumsi yang digunakan dalam perhitungan lintasan terpendek, yaitu:

1. Jaringan berarah (*direct network*).
2. Ada lintasan berarah dari satu node sumber ke semua node lain.
3. Tidak ada siklus negative, yaitu siklus dengan total biaya negatif.

Formulasi masalah dalam permasalahan lintasan terpendek dapat dinyatakan dalam bentuk aliran minimum dimana tiap *node* yang dituju dianggap memiliki permintaan sebesar satu unit dan *node* sumber memiliki *supply* sebanyak yang diminta.

Lintasan terpendek dari *node* s ke semua *node* dapat diformulasikan sebagai berikut [4]:

1. Lintasan terpendek dari *node* s ke *node* t . (Lintasan terpendek \equiv biaya minimum). Menentukan cara pengiriman aliran satu unit dari s ke t

- i. Min $C_{ij} X_{ij}$
- ii. St
$$\sum X_{ik} - \sum X_{ji} = \begin{cases} 1 & i = s \\ -1 & i = t \\ 0 & \text{yang lain} \end{cases}$$
- iii. $X_{ij} \geq 0$ untuk $(i,j) \in A$

2. Lintasan terpendek dari *node* s ke semua *node* yang lain

- i. Min $C_{ij} X_{ij}$
- ii. St
$$\sum X_{ik} - \sum X_{ji} = \begin{cases} n-1 & i = s \\ -1 & i \neq s \end{cases}$$
- iii. $X_{ij} \geq 0$ untuk $(i,j) \in A$

Algoritma perhitungan *Dijkstra* pada suatu jaringan adalah sebagai berikut [4]:

1. Mulai, inialisasi $S = 0$, $S' = N$, $d(i) = \infty$ untuk $i \in S$, $d(s)=0$, $pred(s)=0$.
2. ambil $i \in S'$ dengan $d(i) = \text{Min} [d(j), j \in S']$
3. $S = S \cup i$, $S' = S' - i$
4. Untuk tiap $(i,j) \in A(i)$, Bila $d(j) > d(i) + C_{ij}$ maka $d(j) = d(i) + C_{ij}$; dan $Pred(j)=i$
5. kembali ke langkah 2 sampai $S' = \emptyset$

Bila perhitungan yang diinginkan adalah lintasan terpendek ke *node* tertentu, maka algoritma dihentikan bila *node* tujuan telah menjadi anggota himpunan S .

2.3 Permasalahan Rute dan Penjadwalan

Permasalahan rute dan penjadwalan seringkali direpresentasikan dalam bentuk *graph* [4]. Dalam *graph* tersebut terdapat sekumpulan *node* konsumen dan *arc-arc* yang menghubungkan tiap-tiap *node*. *Arc* tersebut menyatakan biaya yang dibutuhkan untuk berpindah dari *node* yang satu ke *node* yang lainnya. Jika permasalahannya tidak memperhatikan arah maka *arc* tersebut merupakan *arc* tidak berarah dan sebaliknya.

Tujuan dari permasalahan rute dan penjadwalan adalah mendapatkan rute yang harus ditempuh dengan biaya total yang minimal. Biaya dalam hal ini termasuk diantaranya jarak, biaya, atau waktu yang dibutuhkan untuk membentuk suatu *tour*. Dalam meminimalkan biaya total, permasalahan rute dan penjadwalan mempertimbangkan berbagai batasan yang ada diantaranya kapasitas kendaraan, batasan waktu tiap rute yang dilalui, dan batasan-batasan yang menyangkut kebijakan dari produsen.

Batasan-batasan pada permasalahan rute dan penjadwalan secara umum adalah sebagai berikut:

1. Sebuah *tour* harus mencakup semua *node*.
2. Sebuah *tour* harus dikunjungi satu kali.
3. Sebuah *tour* harus berawal dan berakhir di depo.

2.4 Vehicle Routing Problem (VRP)

Permasalahan *m*-TSP sebagai salah satu variasi dari TSP, dimana terdapat *m*-*salesman* mengunjungi sejumlah kota dan tiap kota hanya dapat dikunjungi oleh tepat satu *salesman* saja. Tiap *salesman* berawal dari suatu depo dan pada akhirnya perjalanannya juga harus kembali ke depo tersebut. Permasalahan *m*-TSP sering disebut sebagai *vehicle routing problem* (VRP) dimana sebuah kota diasosiasikan sebagai sebuah *demand* atau konsumen dan tiap kendaraan yang dipakai untuk perjalanan dianggap memiliki kapasitas tertentu. Total jumlah *demand* dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan yang ditugasi melewati rute tersebut. Sama seperti permasalahan TSP, dalam VRP juga terdapat suatu depo, dimana tiap kendaraan harus berangkat dan kembali ke depo. Dalam VRP selain bertujuan untuk meminimalkan total jarak atau total biaya *travel*, dapat juga untuk meminimalkan jumlah kendaraan yang digunakan. Berdasarkan faktor-faktor sampingan yang muncul, VRP terdiri atas beberapa jenis, antara lain [2] :

1. *Capacitated VRP* (CVRP), dengan faktor : Setiap kendaraan punya kapasitas yang terbatas.
CVRP adalah sebuah VRP dimana sejumlah kendaraan dengan kapasitas tertentu yang harus melayani sejumlah permintaan pelanggan yang telah diketahui untuk satu komoditas dari sebuah depo dengan biaya minimum. Pada dasarnya CVRP sama seperti VRP dengan faktor tambahan yaitu setiap kendaraan mempunyai kapasitas tertentu untuk satu komoditas. CVRP bertujuan

meminimasi jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan, dan total waktu perjalanan, total permintaan barang untuk tiap rute tidak melebihi kapasitas kendaraan yang melewati rute tersebut.

2. VRP *with Time Windows* (VRPTW), dengan faktor : Setiap pelanggan harus dilayani dalam jangka waktu tertentu.
3. *Multiple Depot* VRP (MDVRP), dengan faktor : Distributor memiliki banyak depo untuk melayani pelanggan.
4. VRP *with Pick-up and Delivery* (VRPPD), dengan faktor : Pelanggan memiliki lokasi *Pick-up* dan lokasi *Delivery*.
5. *Split Delivery* VRP (SDVRP), dengan faktor : Pelanggan dilayani dengan kendaraan berbeda.

SDVRP adalah perluasan VRP dimana setiap pelanggan dapat dilayani dengan kendaraan yang berbeda bilamana biayanya dapat dikurangi. Perluasan ini dapat dilaksanakan jika jumlah permintaan pelanggan sama dengan kapasitas kendaraan. Tujuan dari SDVRP untuk meminimalkan jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan untuk pelayanan.

6. *Stochastic* VRP (SVRP), dengan faktor : Munculnya ‘ *random values* ‘ (seperti jumlah pelanggan, jumlah permintaan, jumlah pelayanan atau waktu perjalanan).

Untuk mendapatkan solusi dari SVRP, maka masalah harus dibagi dalam dua tahap, solusi pada tahap pertama ditentukan sebelum variabel random diketahui. Pada tahap kedua pengoreksian dilakukan jika nilai dari variabel random sudah diketahui.

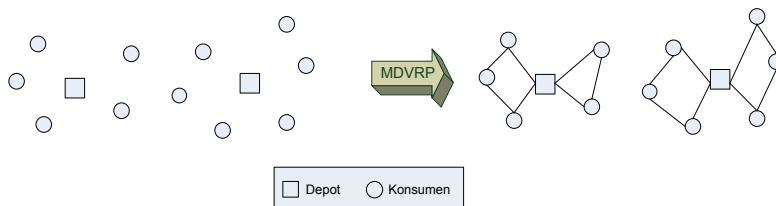
7. *Periodic* VRP (PVRP), dengan faktor : Pengantaran hanya dilakukan dihari tertentu.

PVRP merupakan VRP yang digeneralisasi dengan memperluas rentang perencanaan pengiriman menjadi m -hari, dari semula hanya dalam rentang sehari, dengan tujuan meminimalisasi jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan untuk melayani tiap pelanggan.

2.5 Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Window

Permasalahan *Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Window* (MDVRPTW) merupakan permasalahan VRP dengan kondisi dimana depo yang digunakan sebagai pusat distribusi barang bisa lebih dari satu dan distribusi dilakukan dalam time windows tertentu. Time Windows disini maksudnya adalah pelanggan atau konsumen dilayani dalam *range* waktu tertentu sesuai permintaan dari konsumen. Terdapat pula waktu pelayanan yang diperlukan untuk

melayani tiap konsumen. Tujuan dari permasalahan MDVRPTW ini adalah mencari sejumlah rute dan *travel time* minimum yang diperlukan untuk mengunjungi suatu himpunan konsumen dimana kendaraan berangkat dan kembali lagi ke depo dan konsumen dilayani tepat satu kali oleh tepat satu kendaraan dengan tidak melanggar kendala kapasitas yang ada.



Gambar 2.2 MDVRP dengan dua depo dan empat rute.

2.6 Strategi Menentukan Depo

Dalam permasalahan MDVRPTW terdapat depo yang jumlahnya lebih dari satu, maka dari itu diperlukan metode *clustering* untuk menentukan suatu himpunan konsumen yang nanti akan dilayani oleh satu depo tertentu sebelum dilakukan optimasi (*routing dan scheduling*). Himpunan konsumen yang dilayani satu depo tersebut disebut kluster, jumlah kluster ini nantinya sesuai dengan jumlah depo yang ada. Berikut ini adalah beberapa metode *clustering* yang ada [5] [6]:

1. Simplified Parallel Assignment
Biaya (travel time) antara konsumen dengan depo terdekat dan konsumen dengan depo lainnya dibandingkan dalam metode ini. Konsumen dengan nilai μ maksimum adalah konsumen dengan prioritas pertama. Nilai μ adalah urgensi masing-masing konsumen.
2. Simplified Assignment
Dimulai dengan mencari nilai μ masing-masing konsumen, metode ini bekerja serupa dengan metode simplified parallel assignment. Mengkluster konsumen yang memiliki nilai μ maksimum dengan depo terdekat. Perbedaannya terdapat pada cara mencari μ -nya.
3. Coefficient Propagation
Metode ini memasukkan pelanggan ke dalam sebuah kluster yang telah terbentuk sebelumnya dengan mempertimbangkan gaya tarik koefisien. Variabel jarak menyatakan nilai koefisien dari suatu

pelanggan. Jika nilai koefisiennya kurang dari 1, ini artinya jarak dengan konsumen lainnya semakin pendek.

4. Cyclic Assignment

Cara kerja metode ini adalah satu pelanggan secara siklik ditetapkan pada masing-masing depo. Pertama mengkluster masing-masing depo dengan konsumen terdekat. Kemudian pada tiap-tiap depo dilakukan kluster untuk konsumen terdekat selanjutnya.

5. Three Criteria Clustering

Pada metode ini mekanisme kluster didasarkan pada 3 kriteria yaitu: jarak rata-rata dengan kluster, jarak terdekat konsumen dengan masing-masing kluster, dan perbedaan jarak rata-rata konsumen pada sebuah kluster.

6. Sweep Assignment

Pada metode ini kita tentukan dulu nilai D^* . Nilai D^* berdasarkan pada nilai depo yang jumlah permintaannya tak terpenuhi paling tinggi. Kemudian nilai D^* dibandingkan dengan nilai μ , jika nilai μ lebih baik maka konsumen dikluster dengan depo terdekat daripada depo D^* .

2.7 Simplified Parallel Assignment

Pada metode ini faktor kedekatan dengan depo diperhitungkan sembari memperhitungkan urgensi dari masing-masing depo, sehingga metode ini dinamakan parallel. Biaya (travel time) antara konsumen dengan depo terdekat dan konsumen dengan depo lainnya dibandingkan dalam metode ini. Konsumen dengan nilai μ maksimum adalah konsumen dengan prioritas pertama [5]. Nilai μ adalah urgensi masing-masing konsumen. Konsumen dikelompokkan dengan depo terdekat berdasarkan nilai μ paling tinggi. Nilai urgensi dari masing-masing pelanggan ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\mu_c = Closeness(c, dc'(c)) - Closeness(c, dc''(c)) \quad c \in C$$

Dimana :

μ_c : urgensi masing-masing konsumen

$d(c, dep'(c))$: jarak antara konsumen c dengan depo terdekat.

$d(c, dep''(c))$: jarak antara konsumen c dengan depo terdekat nomor dua

Closeness dipengaruhi oleh nilai afinitas dan jarak, persamaan closeness dicari dengan cara:

$$\text{Closeness}(i,j) = \frac{d(i,j)}{\text{Afinitas}(i,j)} \quad j \in D, i \in C$$

Sedangkan afinitas(i,j) diperoleh dari persamaan:

$$\text{Afinitas}(i,j) = \left(\frac{\sum_{j \in C(d) \cup \{d\}} e^{-(DTW(i,j) + T_{ij})}}{|C|} \right) \quad d \in D; i, j \in C$$

Dimana:

D : himpunan depo dalam MDVRPTW

C : himpunan konsumen dalam MDVRPTW

C(d) ; himpunan dari konsumen yang telah dikelompokkan dengan depo d

T_{ij} : travel time antara i dengan j

DTW mengukur jarak dalam time window dari konsumen dengan konsumen lain atau dengan depo.

$$DTW(i,j) = \begin{cases} e_j - l_i & \text{si } l_i < e_j \\ e_i - l_j & \text{si } l_j < e_i \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

Dimana l adalah waktu awal time window dan e adalah waktu berakhirnya time window.

Jika hanya berdasarkan time window, maka konsumen-konsumen yang memiliki time window berdekatan dikelompokkan. Dengan cara tersebut dalam dihasilkan nilai afinitas yang maksimal. Sedangkan jika perhitungan hanya didasarkan pada jarak, maka konsumen akan dikluster dengan depo terdekat.

Kompleksitas dari keseluruhan metode ini adalah $O(3CD + CD^2 + C^2D)$, dimana C adalah jumlah konsumen dan D adalah jumlah depo.

2.8 Algoritma Nearest Neighbor

Salah satu metode penyelesaian permasalahan *vehicle routing problem* yang paling sederhana dan konvensional adalah *Nearest Neighbor*. Algoritma *Nearest Neighbor* dapat dijabarkan sebagai berikut [4]:

1. Inisialisasi $n = 0$.
2. Mulai dari *node* ke n .
3. Hubungkan *node* dengan *node* terdekat yang belum dihubungkan.
4. Ulangi langkah 3 sampai semua *node* terhubung.
5. Hubungkan *node* terakhir dengan *node* 0.
6. Stop.

Dalam penelitian ini, algoritma Nearest Neighbor digunakan untuk mendapatkan rute inisial yang dibutuhkan oleh metode lain untuk mendapatkan hasil yang optimal.

2.9 Algoritma Simulated Annealing

Ide dasar simulated annealing terbentuk dari pemrosesan logam. Annealing (memanaskan kemudian mendinginkan) dalam pemrosesan logam ini adalah suatu proses bagaimana membuat bentuk cair berangsur-angsur menjadi bentuk yang lebih padat seiring dengan penurunan temperatur [7]. Simulated annealing biasanya digunakan untuk penyelesaian masalah yang mana perubahan keadaan dari suatu kondisi ke kondisi yang lainnya membutuhkan ruang yang sangat luas, misalkan perubahan gerakan dengan menggunakan permutasi pada masalah *Vehicle Routing Problem*.

Pada simulated annealing ada 3 parameter yang sangat menentukan, yaitu: tetangga, gain, dan temperature. Tetangga akan sangat berperan dalam membentuk perubahan dalam solusi sekarang. Pembangkitan bilangan random akan berimplikasi adanya probabilitas.

Adapun algoritma metode Simulated Annealing adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi keadaan awal. Jika keadaan awal merupakan tujuan, maka pencarian berhasil dan KELUAR. Jika tidak demikian, lanjutkan dengan menetapkan keadaan awal sebagai kondisi sekarang.
2. Inisialisasi BEST_SO_FAR untuk keadaan sekarang.
3. Inisialisasi T sesuai dengan *annealing schedule*.

4. Kerjakan hingga solusi ditemukan atau sudah tidak ada operator baru lagi akan diaplikasikan ke kondisi sekarang.
 - a. Gunakan operator yang belum pernah digunakan tersebut untuk menghasilkan kondisi baru.
 - b. Evaluasi kondisi sekarang dengan menghitung:

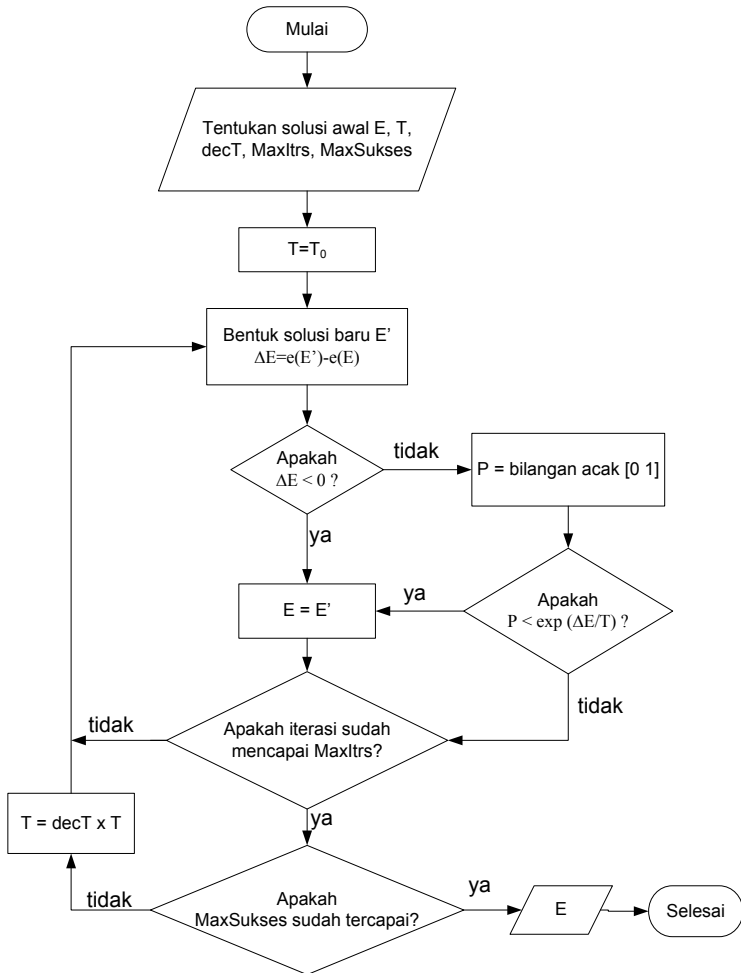
$$\Delta E = \text{nilai sekarang} - \text{nilai keadaan baru.}$$
 - i. Jika kondisi baru merupakan tujuan, maka pencarian berhasil dan KELUAR.
 - ii. Jika bukan tujuan, namun memiliki nilai yang lebih baik daripada kondisi sekarang, maka tetapkan kondisi baru sebagai kondisi sekarang. Demikian pula tetapkan BEST_SO_FAR untuk kondisi yang baru tadi.
 - iii. Jika nilai kondisi baru tidak lebih baik dari kondisi sekarang maka tetapkan kondisi baru sebagai kondisi sekarang dengan probabilitas:

$$p' = e^{-\Delta E/T}$$

Langkah ini biasanya dikerjakan dengan membangkitkan suatu bilangan random r pada range $[0, 1]$. Jika $r < p'$, maka perubahan kondisi baru menjadi kondisi sekarang diperbolehkan. Namun jika tidak demikian, maka tidak akan dikerjakan apapun.
5. BEST_SO_FAR adalah jawaban yang dimaksudkan.

Dari algoritma tersebut, sebenarnya ada 3 hal yang perlu disoroti pada simulated annealing, yaitu:

- a. Nilai awal untuk temperatur (T_0).
 Nilai T_0 biasanya ditetapkan cukup besar (tidak mendekati nol), karena jika T mendekati 0 maka gerakan simulated annealing akan sama dengan hill climbing. Biasanya temperatur awal ini ditetapkan sebesar 2 kali panjang suatu jalur yang dipilih secara acak.
- b. Kriteria yang digunakan untuk memutuskan apakah temperatur sistem seharusnya dikurangi.
- c. Berapa besarnya pengurangan temperatur dalam setiap waktu.



Keterangan: E = solusi, T = suhu awal, decT = cooling rate, MaxIters = iterasi maksimum tiap suhu, e(E) = nilai fungsi objektif dari E, MaxSukses = berapa kali didapatkan nilai $\Delta E < 0$, E' = solusi baru

Gambar 2.3 Flowchart Algoritma Simulated Annealing

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan tentang pengembangan model *Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Window* (MDVRPTW), cara pemodelan jaringan jalan, dan tahapan penyelesaian beserta penjelasan algoritma yang digunakan.

3.1 Pengembangan Model dan Formulasi MDVRPTW

Sebelum dilakukan formulasi model permasalahan, pada penelitian ini pertama-tama akan dijelaskan mengenai *problem statement* pada *multi-depot* untuk kategori *Vehicle Routing Problem*. Adapun *problem statement* dari permasalahan yang dihadapi dijelaskan pada paragraf berikut ini.

Setiap jasa pengiriman barang memiliki lebih dari satu depo untuk melakukan *transportation request* yang hendak dilayani. Tiap depo memiliki jumlah kendaraan yang sama. *Transportation request* dilakukan ke satu server yang membawahi depo-depo yang ada. Setiap *transportation request* terdiri dari informasi mengenai *origin* dan *destination point* yang dikehendaki oleh *customer*, beban yang diangkut dan waktu *service* pada kedua lokasi tersebut. Koordinat dari *origin* dan *destination point* disini digunakan untuk menentukan jarak dan *travel time* antara dua lokasi. *Destination point* memiliki *time window* tertentu dimana kendaraan bisa melakukan *service*. Jika kendaraan datang sebelum *early time window*-nya, maka kendaraan diharuskan menunggu. Sedangkan jika kendaraan datang melebihi *early time window*-nya dan tidak melebihi *latest time window*-nya, maka kendaraan dapat segera menuju konsumen. Untuk kendaraan sendiri, kendaraan yang digunakan adalah kendaraan yang memiliki kapasitas maksimum tertentu untuk mengangkut beban. Kendaraan juga memiliki waktu maksimum untuk melayani *requests* dalam rutennya, sehingga harus kembali ke depo yang sama pada waktu yang telah ditentukan [2].

Berdasarkan deskripsi pada paragraf di atas, maka permasalahan tersebut dapat dinotasikan sebagai berikut:

Fungsi obyektif pada permasalahan MDVRPTW adalah meminimalkan jumlah *travel time* tiap kendaraan dan *waiting time* setiap kendaraan pada setiap node.

$$\min \sum_{i=1}^{N+M} \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^{K_m} t_{i,j} X_{i,j}^{mk} + w_j^{mk} \quad (3.1)$$

Sedangkan batasan-batasan yang harus dipenuhi dalam mencapai fungsi obyektif pada permasalahan MDVRPTW di atas adalah sebagai berikut[4]:

a. *Flow Constraint*

Setiap *node* hanya dikunjungi sekali saja oleh satu armada pengangkut

$$\sum_{i=0}^{N+M} \sum_{j=1}^{N+M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^{K_m} X_{j,i}^{mk} = 1 \quad (3.2)$$

$$\sum_{j=0}^{N+M} \sum_{i=1}^{N+M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^{K_m} X_{i,j}^{mk} = 1 \quad (3.3)$$

Setiap kendaraan berangkat dari depo dan kembali ke depo.

$$\sum_{k=1}^{K_m} \sum_{j=1}^N X_{0j}^{mk} = 1 \quad (3.4)$$

$$\sum_{k=1}^{K_m} \sum_{i=1}^N X_{i0}^{mk} = 1 \quad (3.5)$$

b. *Capacity Constraint*

Total permintaan pada armada pengangkut tidak boleh melebihi kapasitas maksimum

$$\sum_{i=1}^{K_m} d_i \sum_{k=1}^{K_m} \sum_{j=1}^{N+M} X_{i,j}^{mk} \leq Q \quad (3.6)$$

c. *Time Window Constraint*

Setiap *node* mempunyai *time window* termasuk depo, setiap kendaraan harus datang tidak melebihi *time window* tiap *node*.

$$x_{ij} (b_i + t_{ij}) \leq l_j \quad (3.7)$$

$$b_i = a_i + s_i \quad (3.8)$$

$$a_j = \max\{e_j, b_i + t_{ij}\} \quad (3.9)$$

$$e_j > b_i + t_{ij} \rightarrow w_j = e_j - (b_i + t_{ij}) \quad (3.10)$$

$$e_j < b_i + t_{ij} \rightarrow w_j = 0 \quad (3.11)$$

Setiap kendaraan mulai service pada time window tiap node

$$e_i \leq a_i \leq l_i \quad (3.12)$$

Keterangan:

$N+M$ = Himpunan Node Konsumen dan Depo

K_m = Himpunan armada pengangkut

Q = Kapasitas maksimum tiap armada pengangkut

d_i = Jumlah permintaan node konsumen ke i

t_{ij} = Waktu tempuh (*travel time*) dari node i ke node j

w_j^{mk} = Waktu tunggu (*waiting time*) armada pengangkut k di node j

$X_{i,j}^{mk}$ = 1 : jika armada pengangkut k mengunjungi node j segera

setelah node i , $i \neq j$

= 0 : jika lainnya.

b_j = Waktu selesai service di node j

a_i = Waktu mulai service di node i

s_i = Waktu service di node i

e_j = Waktu awal (buka) time window di node j

l_i = Waktu akhir (tutup) time window di node i

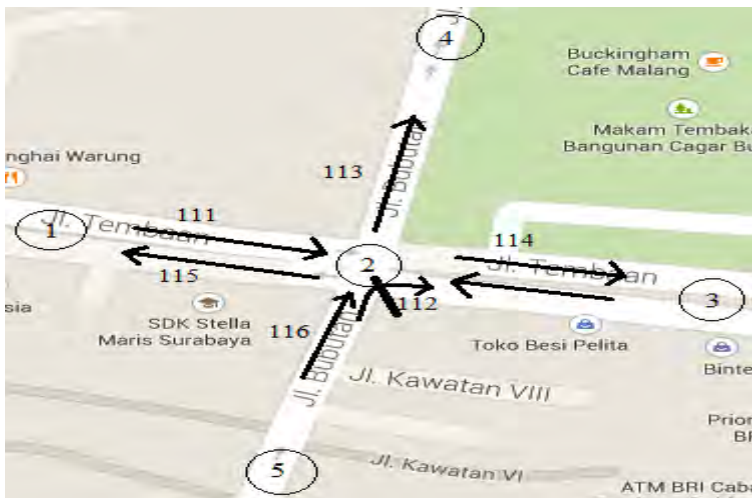
3.2 Permodelan Jaringan Jalan

Jalan yang terdapat dalam dunia nyata dapat dimodelkan dalam bentuk *graph*. Dimana persimpangan jalan direpresentasikan dalam bentuk *node* dan ruas jalan yang menghubungkannya direpresentasikan dalam bentuk *arc*. Apabila jalan yang menghubungkan kedua node adalah jalan dua arah maka terdapat dua arc dengan arah yang berlawanan yang menghubungkan kedua *node* tersebut [4].

Setelah didapatkan permodelan jaringan jalan dalam bentuk *graph*, maka penyelesaian masalah lintasan terpendek dapat diselesaikan dengan algoritma-algoritma yang ada, salah satunya adalah algoritma *Dijkstra*. Permasalahan yang dihadapi dalam menerapkan algoritma yang ada pada jaringan jalan adalah adanya aturan belokan, *turn restriction*, pada *node* persimpangan. Untuk itu dibutuhkan permodelan *graph* yang dapat mengatasi permasalahan tersebut.

3.3 Representasi Dalam Bentuk Graph

Untuk mengatasi permasalahan aturan belokan tersebut maka perlu dilakukan perubahan terhadap pemodelan jaringan jalan yang ada. Perubahan yang dilakukan adalah node yang digunakan merupakan segmen jalan dan *arc* menyatakan hubungan antara tiap segmen dengan besarnya biaya adalah jarak dari segmen asal [8]. Sebagai contoh untuk jaringan jalan seperti Gambar 3.1



Gambar 3.1 Jaringan jalan dengan aturan belokan.

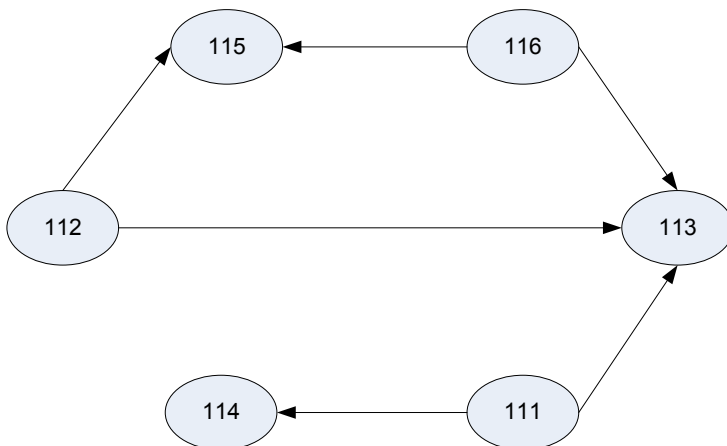
Tabel 3.1Atribut ruas jalan

| kode_ruas | node_asal | node_tujuan | nama_jalan |
|-----------|-----------|-------------|------------|
| 111 | 1 | 2 | ‘tembaan’ |
| 112 | 3 | 2 | ‘tembaan’ |
| 113 | 2 | 4 | ‘bubutan’ |
| 114 | 2 | 3 | ‘tembaan’ |
| 115 | 2 | 1 | ‘tembaan’ |
| 116 | 5 | 2 | ‘bubutan’ |

Tabel 3.2Atribut aturan ruas jalan

| kode_ruas | next_ruas |
|-----------|-----------|
| 111 | 113 |
| 111 | 114 |
| 112 | 113 |
| 112 | 115 |
| 116 | 113 |
| 116 | 115 |

Dari jaringan jalan di atas maka didapat permodelan dalam bentuk graph seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Representasi jaringan jalan dalam bentuk graph

Tabel atribut untuk jaringan jalan pada gambar di atas dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Pada tabel atribut ruas jalan terdapat *field* kode_ruas yang merupakan kode dari ruas, *field* node_from dan note-to dan *field* Volume, volume_max dan free_speed. Sedangkan untuk tabel atribut ruas jalan terdapat *field* kode_ruas dan next_ruas yang menyatakan jalan yang dapat dilalui dari ruas yang bersangkutan, sesuai dengan aturan belokan yang ada.

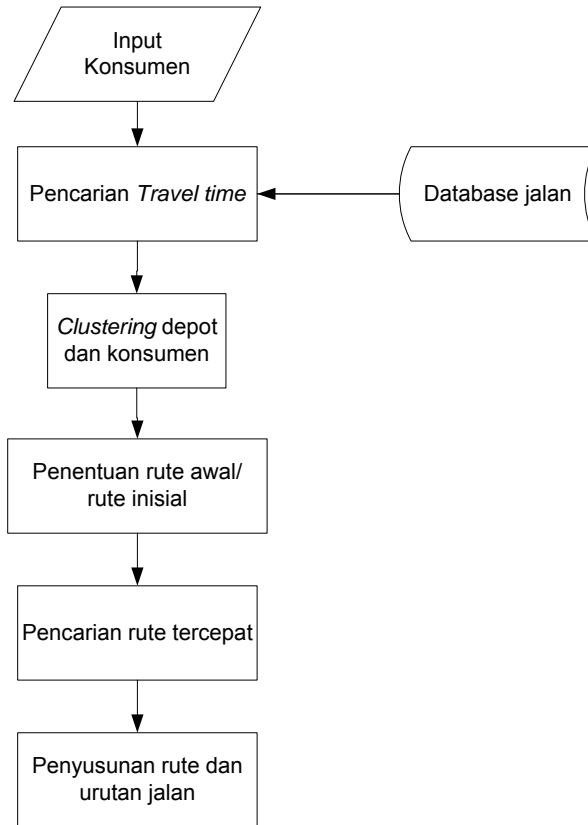
Setelah didapat *graph* di atas, maka algoritma Dijkstra untuk mencari lintasan tercepat dapat diterapkan pada jaringan jalan.

3.4 Tahap Penyelesaian Masalah

Pada sub bab ini akan dikemukakan tahapan penyelesaian masalah untuk *Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Window* (MDVRPTW).

Untuk penyelesaian rute tercepat pada MDVRPTW di jaringan jalan Surabaya dibagi menjadi 4 tahap. Tahap pertama merupakan perhitungan jarak terpendek antara satu node kesemua node lainnya yaitu dari node depo kesemua node konsumen, dari satu node konsumen kesemua node konsumen lainnya. Perhitungan *travel time* terpendek ini dilakukan dengan menggunakan algoritma *dijkstra*. Tahap kedua adalah *initial solition* yaitu menyusun urutan node yang harus dikunjungi oleh satu depo sekaligus pengelompokan node-node menjadi beberapa *cluster* menggunakan metode *Simplified Parallel Assignment*, sehingga didapatkan rute dengan *travel time* paling minimum dengan menggunakan algoritma *Nearest Neighbour*. Kemudian tahap ketiga dilakukan optimasi menggunakan algoritma *Simulated Annealing*. Pada tahap terakhir, rute yang dihasilkan oleh algoritma *Simulated Annealing* diperbaiki menggunakan metode *Insertion Heuristics*.

Blok diagram penyelesaian permasalahan MDVRPTW adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 Blok diagram penyelesaian permasalahan MDVRPTW

3.5 Mencari Nilai Waktu Tempuh (*Travel Time*)

Mencari nilai dari waktu tempuh (*travel time*) pada masing-masing *arc* yang menghubungkan tiap *node*, untuk mencari nilai waktu tempuh berdasarkan data volume kendaraan (q), maka perlu diketahui suatu kecepatan rata-rata (v) yang digunakan kendaraan pada setiap *arc*.

Setelah mendapatkan kecepatan pada tiap *arc* maka menurut MKJI 1997 (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) bahwa:

$$TT = \frac{L}{v} \quad (3.13)$$

Sehingga setiap *arc* yang menghubungkan tiap *arc* memiliki waktu tempuh yang nantinya akan dimanfaatkan untuk menentukan rute.

3.6 Simplified Parallel Assignment

Pada permasalahan MDVRPTW, sebelum dicari rute kendaraan terlebih dahulu dilakukan *clustering*. Tujuan dari *clustering* adalah memetakan konsumen mana saja yang akan dilayani oleh satu depo tertentu. Metode *clustering* yang digunakan adalah *Simplified Parallel Assignment*. Yang akan dijelaskan pada paragraph berikut ini.

Prosedur yang digunakan untuk menyelesaikan *Multi Depot Vehicle Routing Problem* adalah sebagai berikut :

- Mencari konsumen terdekat dari masing-masing depo. Konsumen terdekat ini selanjutnya diasosiasikan ke depo tersebut C(d).
- Untuk masing-masing konsumen, selanjutnya dicari 2 depo terdekat.
- Memanggil *time window* C(d) atau konsumen yang sebelumnya sudah diasosiasikan ke depo.
- Untuk masing-masing konsumen, dicari nilai DTW atau derajat kesamaan *time window* dengan 2 C(d) terdekat.
- Selanjutnya adalah menentukan afinitas dengan 2 depo terdekat melalui persamaan :

$$Afinitas(i, d) = \left\{ \frac{\sum_{j \in C(d) \cup \{d\}} e^{-(DTW(i, j) + TV_{ij})}}{|C|} \right\} d \in D | i, j \in C \quad (3.14)$$

Dimana :

D = himpunan depo dalam MDVRPTW

C = himpunan konsumen dalam MDVRPTW

C(d)=himpunan dari konsumen yang telah dikelompokkan dengan depo d.

- Menentukan *closeness* melalui persamaan :

$$Closeness(i, j) = \frac{d(i, j)}{Afinitas(i, j)} \quad j \in D, i \in C \quad (3.15)$$

- Mencari μ_c melalui persamaan :

$$\mu_c = Closeness(c, dc'(c)) - Closeness(c, dc''(c)) \quad c \in C \quad (3.16)$$

Dimana :

μ_c = urgensi masing-masing konsumen

- Konsumen dengan nilai μ_c tertinggi berhak dikelompokkan dengan depo terdekat.

- i) Apabila persediaan pada depo terdekat sudah habis, maka konsumen selanjutnya akan dikelompokkan dengan depo terdekat kedua.

3.7 Nearest Neighbor

Pada tahap *initial solution* ini digunakan untuk membuat rute awal atau solusi awal sebelum dilakukan optimasi. Pada tahap ini akan digunakan metode *Nearest Neighbor*

Metode *nearest neighbor* atau tetangga terdekat merupakan metode optimasi yang sederhana dalam program ini. Pada algoritma ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

Langkah 1 :

Menentukan inisialisasi kapasitas kendaraan, maksimum rute, data depo, data konsumen

Beban kendaraan awal = 0

Langkah 2 :

Berangkat dari node 66, 277, dan 322 (Depo).

Langkah 3 :

Mencari node yang *feasible*. Node yang *feasible* ini harus memenuhi *constraint-constraint* sebagai berikut.

- *Capacity Constraint*. Dimana beban kendaraan konsumen tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan.
- *Time Windows Constraint*.
- *Maximum Driving Time (Maximum Route)*

Langkah 4 :

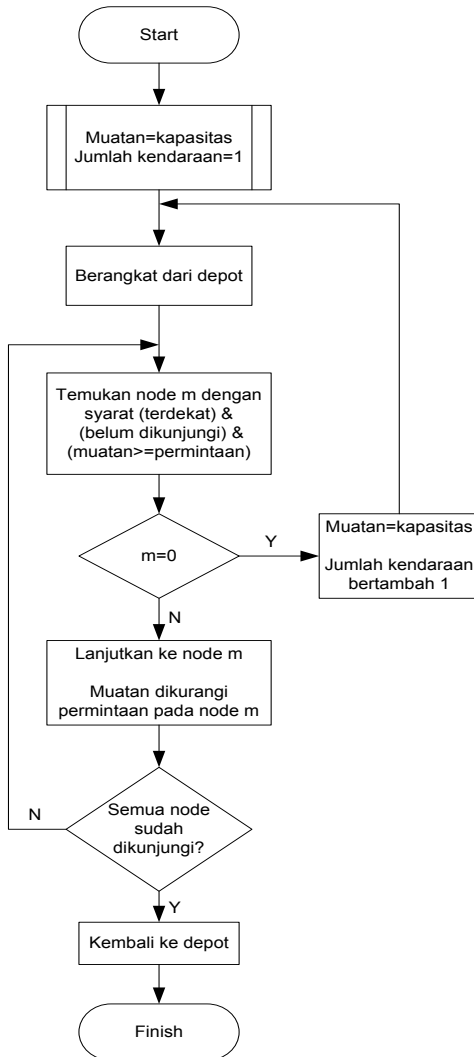
Memilih node yang *feasible* tersebut berdasarkan *travel time* tersingkat.

Langkah 5 :

Lakukan langkah 3, 4, 5 sampai tidak ditemukan node yang *feasible*. Jika tidak ada node yang *feasible* maka kendaraan akan kembali ke depo.

Langkah 6 :

Stop



Gambar 3.4 Diagram alir algoritma *nearest neighbor*

3.8 *Simulated Annealing*

Pada tahap optimasi akan dilakukan perbaikan dari tahap sebelumnya. Perbaikan dilakukan dengan mengurangi jumlah rute yang terbentuk pada tahap sebelumnya. Algoritma *Simulated Annealing* digunakan pada tahap ini.

Prosedur algoritma *Simulated Annealing* yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada MDVRPTW dijelaskan sebagai berikut:

Langkah 1:

Menentukan parameter *Simulated Annealing* yaitu: *MaxItrs*, *MaxSukses*, dan *decT*

Langkah 2:

Membangkitkan *Initial Solution* menggunakan *Nearest Neighbour* dan disimpan sebagai jalur awal

Langkah 3:

Tentukan nilai T , dimana T adalah dua kali dari nilai total *travel time* jalur awal.

Langkah 4:

Gunakan operator yang belum pernah digunakan untuk menghasilkan kondisi baru.

Langkah 5:

Evaluasi kondisi baru dengan menghitung:

$\Delta E = \text{nilai sekarang} - \text{nilai kondisi baru}$

- i. Jika kondisi baru lebih baik dari kondisi sekarang maka tetapkan kondisi baru sebagai *BEST_SO_FAR*.
- ii. Jika kondisi baru tidak lebih baik dari kondisi sekarang, maka tetapkan kondisi baru dengan probabilitas:

$$p' = e^{-\Delta E/T}$$

- iii. Bangkitkan bilangan random r pada range $[0 \ 1]$. Jika $r < p'$, maka kondisi baru diterima.

Langkah 6:

Jika kondisi baru diterima, maka perbaiki kondisi baru dengan melakukan *insertion heuristic*. Hasil dari *insertion heuristic* tetapkan sebagai kondisi sekarang untuk iterasi selanjutnya.

Langkah 7:

Jika *MaxIters* telah tercapai, maka turunkan nilai T dengan mengalikan nilai T dengan decT dan kembali ke langkah 4.

Langkah 8

Lanjutkan iterasi hingga mencapai *MaxSukses*.

Langkah 9:

Menentukan *start time* pada *the best solution* untuk meminimumkan total *travel time* pada tiap rute.

Start time = batas awal *time window node* konsumen pertama.

Langkah 10:

Stop

3.8.1 Operator

Ada beberapa operator yang bisa digunakan. Berikut ini adalah salah satu contoh operator untuk menentukan jalur. Misalkan jumlah konsumen yang akan dikunjungi adalah NC.

- Konsumen-konsumen disimpan pada larik L
- Kita bangkitkan 2 bilangan random antara 1 sampai NC, misalkan kedua bilangan itu adalah N1 dan N2 dengan $N1 < N2$.
- Depan = L(1) sampai L(N1-1).
- Tengah = L(N1) sampai L(N2).
- Belakang = L(N2+1) sampai L(NC).
- Kita bangkitkan bilangan random r, apabila $r < 0,5$; maka:
 - DepanBaru = Depan.
 - TengahBaru = Tengah dengan urutan dibalik.
 - BelakangBaru = Belakang.
 - LBaru = [DepanBaru TengahBaru BelakangBaru]
- Jika $r > 0,5$; maka kerjakan:
 - Sementara = [Depan Belakang], misalkan memiliki M elemen.
 - Bangkitkan bilangan random r dengan nilai antara 1 sampai M.
 - DepanBaru = Sementara (1:r).

- TengahBaru = Tengah.
- BelakangBaru = Sementara (r+1:M).
- LBaru = [DepanBaru TengahBaru BelakangBaru]

3.8.2 Insertion Heuristics

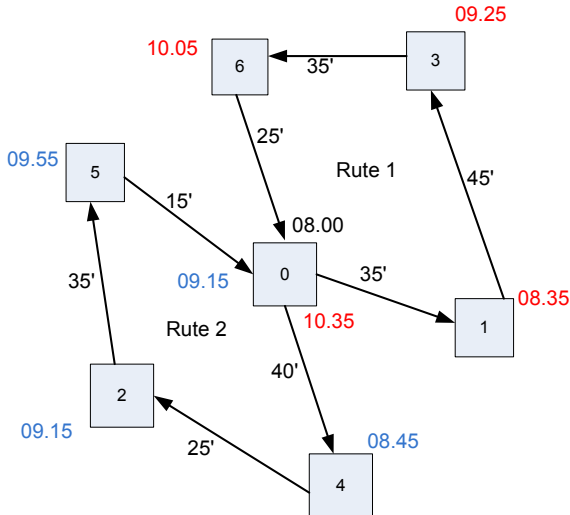
Pada algoritma *Simulated Annealing*, *Local search* diterapkan pada solusi yang terbaik pada setiap iterasi. *Local search* yang digunakan adalah *insertion heuristics*. Pada *insertion heuristics*, satu *node* pada rute dipindahkan atau disisipkan ke dalam rute lain dengan mempertimbangkan *time window constraint* dan *capacity constraint* sampai mendapatkan solusi yang terbaik yaitu rute yang memiliki total *travel time* minimum secara keseluruhan [9]. Gambaran lebih jelas pada pemaparan tersebut:

Pada contoh seperti Gambar 3.4, kita memiliki dua buah rute, masing-masing rute memuat beberapa *node*, urutan *node* yang harus dikunjungi, *travel time* pada masing-masing *arc*, jumlah permintaan, serta *time window* masing-masing *node*. *Service time* pada masing-masing *node* 5 menit. Kapasitas tiap armada pengangkut sama 100 galon. *Time window* masing-masing *node* dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 *Time window* masing-masing *node*

| Node | Time Window | | Beban |
|------|-------------|-------|-------|
| | Awal | Akhir | |
| 0 | 08.00 | 13.00 | |
| 1 | 08.30 | 09.30 | 23 |
| 2 | 08.45 | 10.00 | 16 |
| 3 | 09.00 | 11.00 | 20 |
| 4 | 08.15 | 09.15 | 15 |
| 5 | 08.30 | 09.30 | 25 |
| 6 | 09.30 | 11.00 | 14 |

Dari data pelanggan menurut Tabel 3.3 maka dapat digambarkan seperti Gambar 3.4



Gambar 3.5 Rute inisial sebelum *insertion heuristics*

Dalam contoh diatas, rute 1 memiliki total *travel time* 120 menit dan beban 57 galon dan total *travel time* tour 2 sebesar 115 menit dan beban 56 galon. secara keseluruhan, total *travel time* yang ditempuh oleh armada pengangkut sebesar 235 menit. Menggunakan metode *insertion heuristic* untuk melakukan optimasi terhadap rute yang ada, guna mendapatkan total *travel time* keseluruhan yang lebih kecil.

Selanjutnya diperiksa apakah *node* 6 yang terletak di rute 1 akan lebih optimal jika diletakkan di rute 2. Dalam contoh ini, kita batasi hanya mengambil dua kemungkinan saja yaitu kemungkinan pertama *node* 6 disisipkan antara *node* 5 dan *node* 0, kedua *node* 6 disisipkan antara *node* 2 dan *node* 5. Pertama-tama yang harus diketahui adalah *travel time* dari dan ke semua *node* yang harus dikunjungi. Untuk contoh ini kita batasi hanya untuk data *travel time* antar *node* yang terlibat seperti Tabel 3.5

Tabel 3.4 Travel time antar node dalam graph

| Dari node | Ke node | Travel time |
|-----------|---------|-------------|
| 3 | 0 | 25 |
| 2 | 6 | 12 |
| 6 | 5 | 15 |
| 6 | 5 | 10 |
| 5 | 6 | 10 |

Langkah pertama, kita harus memastikan apakah rute baru memenuhi *capacity constraint* untuk kedua kemungkinan pemindahan, maka perhitungannya didapatkan:

$$q1\text{-new} = q1\text{-old} - q5 = 57 - 25 = 32 \text{ galon}$$

$$q2\text{-new} = q2\text{-old} - q5 = 56 + 25 = 81 \text{ galon}$$

Karena kapasitas kendaraan (100 galon) tidak terlampaui, maka *insertion heuristics* dapat dilakukan dengan memindahkan node 5 ke tour 2.

Langkah kedua, memastikan apakah pada tour baru *time window constraint* masing-masing node yang dikunjungi terpenuhi. Perhitungan untuk *time window constraint* dapat dilihat pada Tabel 3.5 untuk pemindahan pertama (antara node 5 dan node 0) dan Tabel 3.6 untuk pemindahan kedua (antara node 2 dan 5)

Tabel 3.5 Perhitungan *time window constraint* untuk pemindahan pertama

| | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| Rute 1 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| Arrival | 08.00 | 08.35 | 09.25 | 09.55 |

| | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rute 2 | 0 | 4 | 2 | 5 | 6 | 0 |
| Arrival | 08.00 | 08.45 | 09.15 | 09.55 | 09.10 | 09.40 |

Tabel 3.6 Perhitungan *time window constraint* untuk pemindahan kedua

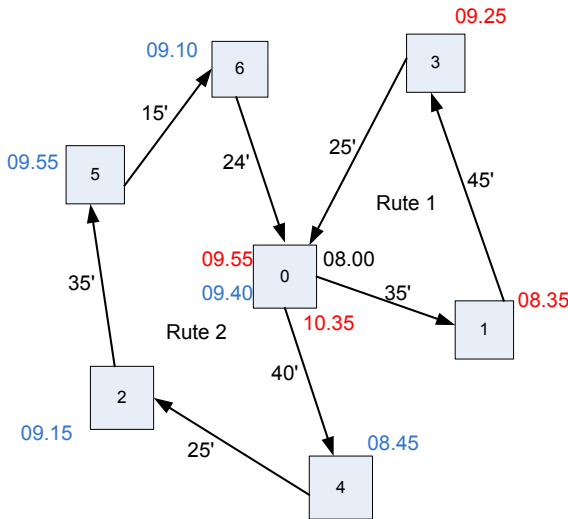
| | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| Rute 1 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| Arrival | 08.00 | 08.35 | 09.25 | 09.55 |

| | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|
| Rute 2 | 0 | 4 | 2 | 6 | 5 | 0 |
|--------|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Arrival | 08.00 | 08.45 | 09.15 | 09.32 | 09.57 | 10.26 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

Berdasarkan Tabel 3.5, tidak ada *arrival time* di masing-masing *node* melebihi batas akhir dari *time window* tiap *node* yang dikunjungi, sehingga sisipan *node* 5 ke dalam *node* 5 dan *node* 0 bisa dilakukan karena dapat memenuhi *time window constraint*. yang dinyatakan seperti Gambar 3.5

Sedangkan berdasarkan Tabel 3.6, *arrival time* di *node* 5 melebihi dari batas akhir *time window* dari *node* yang dikunjungi, sehingga menyisipkan *node* 5 diantara *node* 0 dan *node* 5 tidak bisa dilakukan.



Gambar 3.6 Rute inisial setelah dilakukan insertion heuristics

Selanjutnya menghitung *cost of inserting* yaitu penjumlahan *cost* yang ada.

$$\begin{aligned}
 C_{new} &= t_{01} + t_{13} + t_{30} + t_{04} + t_{42} + t_{25} + t_{56} + t_{60} \\
 &= 35' + 45' + 25' + 40' + 25' + 35' + 15' + 25' \\
 &= 245 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Kemudian dibandingkan dengan *cost* lama.

$$C_{old} = t_{01} + t_{13} + t_{36} + t_{60} + t_{04} + t_{42} + t_{25} + t_{50}$$

$$= 35' + 45' + 35' + 25' + 40' + 25' + 35' + 15'$$

$$= 255 \text{ menit}$$

Karena $C_{new} < C_{old}$ maka sisipan node dapat dilakukan dengan memindahkan node 5 ke dalam rute 5 dan 2 seperti pada Gambar 3.5.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PENGUJIAN SISTEM

Bab ini meliputi tahap pengumpulan data dan pengolahan data serta hasil implementasi dan pengujian algoritma pada perangkat lunak yang telah dibuat.

4.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data jaringan jalan kota Surabaya yang meliputi data kepadatan, data kecepatan yang nantinya digunakan untuk menentukan waktu tempuh (*Travel Time*).

Data yang digunakan dibedakan dalam dua kelompok. Kelompok yang pertama merupakan data statis, yaitu data yang tidak mengalami perubahan dalam jangka waktu yang relative lama, dan kelompok data yang kedua adalah data dinamis, yaitu kelompok data yang sering mengalami perubahan. Adapun data yang termasuk dalam data statis diantaranya adalah data ruas jalan, panjang jalan, data aturan jalan, data kepadatan saat maksimum, data kecepatan saat arus bebas dan data kepadatan setiap *arc* yang menghubungkan 2 *node*.

Sedangkan yang termasuk dalam kelompok data dinamis adalah data transaksi yang meliputi antara lain data konsumen yang melakukan pemesanan, jumlah paket masing-masing konsumen, jumlah armada pengangkut yang diberangkatkan, dan data urutan kunjungan yang dilakukan masing-masing armada pengangkut untuk melayani seluruh *order*.

4.1.1 Data Ruas Jalan

Untuk mendapatkan data jalan yang diinginkan, digunakan peta Surabaya yang diterbitkan oleh penerbit Bina Citra. Pada penelitian ini, data jalan yang digunakan didapat dari data jalan Tugas Akhir Hendra, yang diambil pada tahun 2004. Pengkodean data jalan dilakukan pada jalan arteri dan jalan kolektor yang dapat dilihat pada lampiran.

4.1.2 Data Aturan Ruas Jalan

Pada data jaringan jalan kota Surabaya, aturan ruas jalan yang dimaksud adalah ruas jalan mana saja yang dapat dilalui dari suatu

ruas menuju ruas yang lainnya. Dari data aturan dapat terlihat apakah jalan tersebut satu arah atau dua arah. Data aturan ruas jalan ini didapat dari survey yang dilakukan di berbagai jalan yang berkaitan dengan posisi konsumen.

4.1.3 Data Lokasi konsumen

Pada penelitian ini, data konsumen bersifat intuitif dan dimasukkan secara acak, artinya sesuai dengan kondisi konsumen yang melakukan pemesanan. Lokasi konsumen diasumsikan terletak tepat di node-node jalan hasil dari segmentasi jalan. Dan atribut konsumen berupa nomor yang juga merupakan node.

4.1.4 Data Rute Pelayanan Konsumen

Dalam penelitian ini, untuk menentukan rute pelayanan konsumen digunakan algoritma *Simulated annealing* sebagai penyelesaian dari permasalahan *MDVRPTW*. Konsumen yang melakukan pemesanan dan jumlah paket yang harus diangkut, dimasukkan secara acak kemudian dihitung menggunakan metode *Simulated Annealing*.

4.1.5 Data Volume dan Kecepatan Kendaraan

Dalam penelitian ini, untuk data volume dan kecepatan kendaraan yang lewat diperoleh dari pengamatan yang dilakukan dinas perhubungan Surabaya pada tahun 2010.

4.2 Pengolahan Data Jalan

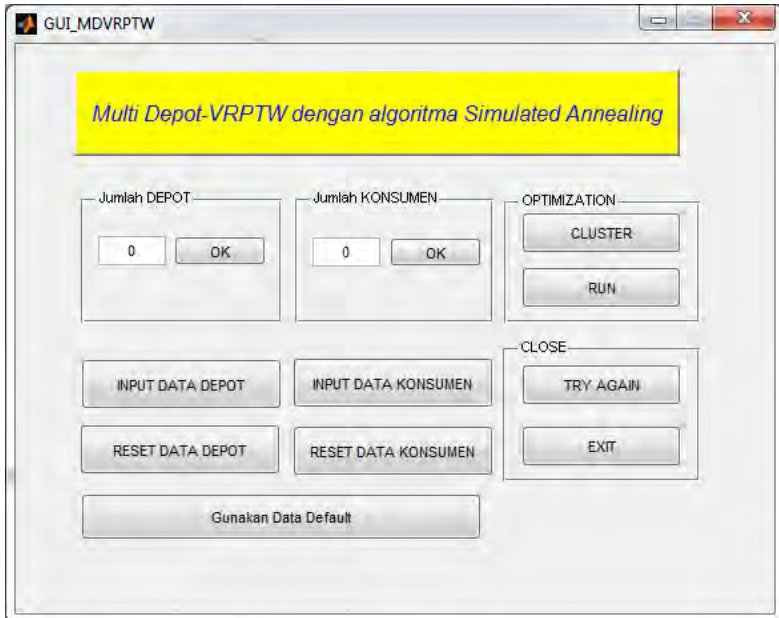
Seperti dijelaskan pada bab sebelumnya, untuk data jaringan jalan kota Surabaya, pengkodean data jalan pertama kali yang dilakukan adalah menentukan node-node diatas peta. *Node-node* tersebut mewakili titik persimpangan, titik belokan dan titik pertemuan dua jalan.

Setelah didapatkan data *node*, selanjutnya dilakukan pengkodean ruas jalan. Pada ruas jalan terdapat *field node* asal dan *node* tujuan.

Pengkodean selanjutnya adalah penentuan aturan jalan yang disimpan dalam tabel *next_way* serta penyusunan tabel jalan yang memberikan informasi mengenai nama jalan dari tiap-tiap ruas yang dikodekan. Dalam sistem yang dirancang terdapat 409 data node, 642 data ruas jalan, dan 170 data jalan.

4.3 Penerapan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam permasalahan ini adalah matlab R2010a dengan memanfaatkan Graphical User Interface (GUI) seperti Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Gambar tampilan menu

4.3.1 Memasukkan Data Depo dan Konsumen

Pertama kali yang harus kita lakukan adalah memasukkan data depo dan konsumen seperti pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3. Data ini meliputi jumlah depo, jumlah konsumen, node depo, node konsumen, time window masing-masing depo dan konsumen, kapasitas masing-masing depo, dan permintaan masing-masing konsumen. Atau kita bisa memilih Gunakan Data Default pada halaman menu Gambar 4.1 untuk memasukkan data depo dan konsumen yang telah kita persiapkan sebelumnya. Dan jika kita ingin mengosongkan kembali data depo dan konsumen, kita dapat memilih RESET DATA DEPOT dan RESET DATA KONSUMEN pada halaman menu Gambar 4.1

DATA I...

Node Depot:

Jam Buka:

Jam Tutup:

Kapasitas

OK Cancel

Gambar 4.2 Gambar dialog setelah halaman menu INPUT DATA DEPOT dipilih

DATA I...

Node Konsumen:

Demand:

Jam Buka:

Jam Tutup:

Service Time:

OK Cancel

Gambar 4.3 Gambar dialog setelah halaman menu INPUT DATA KONSUMEN dipilih

4.3.2 *Clustering*

Clustering berfungsi untuk menentukan konsumen mana saja yang akan dilayani oleh sebuah depo. Untuk menjalankan *clustering* kita dapat memilih CLUSTER pada halaman menu Gambar 4.1, setelah kita

memasukkan data depo dan konsumen.

4.3.3 Parameter *Simulated Annealing*

Parameter-parameter dari algoritma Simulated Annealing dapat ditentukan melalui halaman menu RUN seperti pada Gambar 4.4.

Parameter-parameter itu antara lain iterasi maksimum, *max_sukses*, dan *cooling rate*. Setelah nilai parameter ditentukan maka parameter-parameter tersebut akan disimpan dengan menekan tombol OK.

4.3.4 Optimasi

Optimasi dilakukan pada halaman menu RUN setelah menekan tombol OK saat memasukkan parameter. Halaman menu RUN merupakan proses kalkulasi dari program.



Gambar 4.4 Gambar dialog setelah menu RUN dipilih

Hasil dari optimasi adalah rute pelayanan terhadap konsumen, jumlah kendaraan yang dibutuhkan, dan total waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pelayanan dari semua armada pengangkut.

4.4 Pengujian Algoritma

Dalam pengujian kita buat data order yang dilakukan oleh pelanggan ke perusahaan dalam satu hari. Sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data depo

| Nama | Node | Kapasitas | Time Begin | Time End | Posisi |
|--------|------|-----------|------------|----------|----------------------|
| Depo 1 | 66 | 415 | 7.00 | 15.00 | ‘Mayjen HR Muhammad’ |
| Depo 2 | 277 | 415 | 7.00 | 17.00 | ‘Kramat Gantung’ |
| Depo 3 | 322 | 415 | 7.00 | 17.00 | ‘Jagir Wonokromo’ |

Tabel 4.2 Data konsumen

| Nama | Node | Demand | Time Begin | Time End | Posisi |
|-------------|------|--------|------------|----------|--------------------|
| Konsumen 1 | 1 | 25 | 7:00 | 8:00 | ‘Tandes’ |
| Konsumen 2 | 7 | 30 | 7:00 | 8:00 | ‘Raya Darmo Indah’ |
| Konsumen 3 | 12 | 20 | 7:00 | 8:00 | ‘Darmo Harapan’ |
| Konsumen 4 | 21 | 35 | 7:00 | 9:00 | ‘Satelit Selatan’ |
| Konsumen 5 | 46 | 30 | 8:00 | 10:00 | ‘Darmo Permai I’ |
| Konsumen 6 | 60 | 45 | 7:00 | 10:00 | ‘Tanjung Sari’ |
| Konsumen 7 | 95 | 50 | 7:00 | 8:00 | ‘Simorejo II’ |
| Konsumen 8 | 135 | 35 | 7:00 | 8:00 | ‘Pacuan Kuda’ |
| Konsumen 9 | 177 | 50 | 8:00 | 11:00 | ‘Gunung Sari’ |
| Konsumen 10 | 189 | 40 | 7:00 | 11:00 | ‘Girilaya’ |
| Konsumen 11 | 210 | 55 | 8:00 | 10:00 | ‘Kembang Kuning’ |
| Konsumen 12 | 244 | 15 | 8:00 | 11:00 | Anjasmoro’ |

Tabel 4.2 Data konsumen

| Nama | Node | Demand | Time Begin | Time End | Posisi |
|-------------|------|--------|------------|----------|---------------------|
| Konsumen 13 | 256 | 25 | 7:00 | 9:00 | ‘Pulo Wonokromo’ |
| Konsumen 14 | 289 | 35 | 8:00 | 9:00 | ‘Kutei’ |
| Konsumen 15 | 315 | 50 | 7:00 | 8:00 | ‘Raya Darmo’ |
| Konsumen 16 | 333 | 55 | 8:00 | 12:00 | ‘Darmo Kali’ |
| Konsumen 17 | 376 | 20 | 8:00 | 10:00 | ‘Jagir Wonogromo’ |
| Konsumen 18 | 402 | 25 | 7:00 | 10:00 | ‘Hayam Wuruk’ |
| Konsumen 19 | 355 | 45 | 7:00 | 8:00 | ‘Dinoyo’ |
| Konsumen 20 | 400 | 35 | 7:00 | 12:00 | ‘Hayam Wuruk’ |
| Konsumen 21 | 235 | 20 | 8:00 | 9:00 | ‘Gayungan II’ |
| Konsumen 22 | 104 | 50 | 9:00 | 11:00 | ‘Kebon Sari’ |
| Konsumen 23 | 144 | 30 | 11:00 | 12:00 | ‘Kebon Sari Tengah’ |
| Konsumen 24 | 140 | 20 | 9:00 | 11:00 | ‘Gunung Sari’ |
| Konsumen 25 | 101 | 30 | 12:00 | 13:00 | ‘Jajar’ |
| Konsumen 26 | 254 | 45 | 14:00 | 15:00 | ‘Hayam Wuruk’ |
| Konsumen 27 | 141 | 35 | 10:00 | 12:00 | ‘Raya Dukuh Kupang’ |
| Konsumen 28 | 221 | 15 | 13:00 | 14:00 | ‘Kembang Kuning’ |
| Konsumen 29 | 174 | 10 | 9:00 | 10:00 | ‘Jarak’ |
| Konsumen 30 | 264 | 15 | 10:00 | 11:00 | ‘Indragiri’ |
| Konsumen 31 | 248 | 20 | 7:00 | 9:00 | ‘Indragiri’ |
| Konsumen 32 | 298 | 20 | 7:00 | 9:00 | ‘Ciliwung’ |
| Konsumen 33 | 386 | 20 | 7:00 | 9:00 | ‘Dr.Sutomo’ |
| Konsumen 34 | 39 | 20 | 7:00 | 9:00 | ‘Putat Gede’ |
| Konsumen 35 | 81 | 20 | 7:00 | 9:00 | ‘Kupang Indah X’ |

Tabel 4.2 Data konsumen

| Nama | Node | Demand | Time Begin | Time End | Posisi |
|-------------|------|--------|------------|----------|-----------------------|
| Konsumen 36 | 44 | 20 | 8:00 | 10:00 | ‘Raya Sukomanunggal’ |
| Konsumen 37 | 62 | 20 | 8:00 | 10:00 | ‘Kupang Indah’ |
| Konsumen 38 | 28 | 20 | 8:00 | 10:00 | ‘Satelit Selatan’ |
| Konsumen 39 | 4 | 20 | 10:00 | 10:00 | ‘Darmo Indah Selatan’ |
| Konsumen 40 | 113 | 20 | 8:00 | 10:00 | ‘Simogunung’ |
| Konsumen 41 | 106 | 20 | 9:00 | 12:00 | ‘Simorejo II’ |
| Konsumen 42 | 181 | 20 | 9:00 | 12:00 | ‘Petemon Kali’ |
| Konsumen 43 | 175 | 20 | 9:00 | 12:00 | ‘Petemon Barat’ |
| Konsumen 44 | 205 | 20 | 9:00 | 12:00 | ‘Tidar’ |
| Konsumen 45 | 161 | 20 | 9:00 | 12:00 | ‘Kali Butuh’ |
| Konsumen 46 | 292 | 20 | 10:00 | 12:00 | ‘Indrapura’ |
| Konsumen 47 | 242 | 20 | 10:00 | 12:00 | ‘Semarang’ |
| Konsumen 48 | 399 | 20 | 10:00 | 12:00 | ‘Pecindilan’ |
| Konsumen 49 | 408 | 20 | 10:00 | 12:00 | ‘Jaksa Agung Suprpto’ |
| Konsumen 50 | 296 | 20 | 10:00 | 12:00 | ‘Gang Besar’ |

Dari data depo dan konsumen di atas dilakukan *clustering* terlebih dahulu untuk menentukan konsumen mana saja yang akan dilayani oleh sebuah depo.

Dari hasil clustering didapatkan himpunan depo dan konsumen sebagai berikut:

- Depo: 66

Konsumen:

189 174 113 46 62 60 141 81 44 39 28 140 101
4 21 254 12 7 235 144 1 104

- Depo: 277

Konsumen:

408 95 399 296 135 292 242 205 244 161 181 175
106

- Depo: 322

Konsumen:

210 386 248 289 298 264 221 355 256 315 402 400
333 177 376

Kemudian dari data hasil clustering dilakukan pengujian untuk mendapatkan rute kendaraan dari masing-masing depo.

Pengujian dilakukan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* dengan parameter: *cooling rate*=0.95, *max_sukses*=6, iterasi=20, dan kapasitas kendaraannya 200 galon.

Dari hasil pengujian didapatkan rute kendaraan sebagai berikut:

1. Rute kendaraan dari depo 66

Jumlah kendaraan: 4

Total travel time: 2 jam 28 menit

- a. Rute kendaraan 1

66 235 104 140 144 101 66

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi jalan Surabaya maka menjadi:

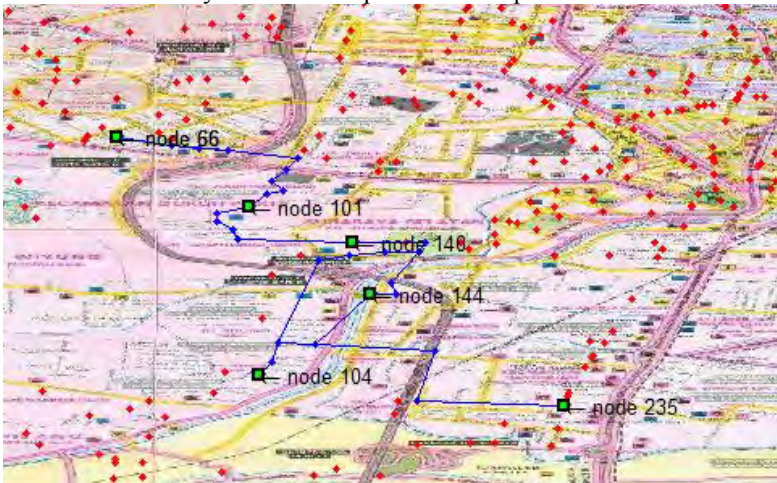
66 → 77 → 85 → 381 → 121 → 118 → 110 → 117 → 107 → 101 →
90 → 91 → 94 → 96 → 140 → 170 → 169 → 154 → 156 → 144 →
125 → 172 → 168 → 235 → 168 → 172 → 125 → 114 → 112 → 104
→ 112 → 114 → 127 → 137 → 151 → 169 → 170 → 140 → 170 →
169 → 154 → 156 → 144 → 156 → 154 → 169 → 170 → 140 → 96
→ 94 → 91 → 90 → 101 → 107 → 117 → 110 → 118 → 121 → 381
→ 77 → 66

Dan jika dinyatakan dalam bentuk nama jalannya sebagai berikut:

(DEPO)'Mayjen HR Muhammad' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Dukuh Pakis ' 'Dukuh Pakis ' 'Dukuh Pakis ' 'Jajar' 'Jajar' 'Jajar' 'Jajar' 'Jajar' 'Golf' 'Golf' 'Gunung Sari' 'Kebon Agung' 'Kebon Agung' 'Kebon Agung' 'Agung' 'Kebon Sari Tengah' 'Gayung Kebon Sari' 'Gayung Sari' 'Gayungan II'(235) 'Gayungan II'

'Gayung Sari' 'Gayung Kebon Sari' 'Gayung Kebon Sari' 'Kebon Sari' 'Kebon Sari' 'Kebon Sari'(104) 'Kebon Sari' 'Jambangan' 'Karah' 'Karah' 'Karah' 'Kebon Agung' 'Gunung Sari'(140) 'Gunung Sari' 'Kebon Agung' 'Kebon Agung' 'Kebon Agung' 'Agung'(144) 'Agung' 'Kebon Agung' 'Kebon Agung' 'Kebon Agung' 'Gunung Sari' 'Golf' 'Golf' 'Jajar' 'Jajar' 'Jajar'(101) 'Jajar' 'Jajar' 'Dukuh Pakis' 'Dukuh Pakis' 'Dukuh Pakis' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen HR Muhammad '(DEPO).

Jika dinyatakan dalam peta adalah seperti Gambar 4.5



Gambar 4.5 Gambar rute kendaraan 1 dari depo 66

b. Rute kendaraan 2

66 174 189 141 254 66

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi jalan Surabaya maka menjadi:

66 → 77 → 78 → 74 → 81 → 86 → 87 → 99 → 113 → 134 → 173 → 198 → 189 → 174 → 189 → 174 → 164 → 152 → 141 → 132 → 123 → 129 → 157 → 380 → 234 → 254 → 234 → 380 → 157 → 147 → 129 → 121 → 381 → 77 → 66

Dan jika dinyatakan dalam bentuk nama jalannya sebagai berikut:

(DEPO)'Mayjen HR Muhammad' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Simogunung' 'Banyu Urip' 'Banyu Urip' 'Banyu Urip' 'Girilaya' 'Girilaya'(174) 'Girilaya' 'Girilaya'(189) 'Jarak' 'Jarak' 'Putat Jaya'(141) 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Raya Dukuh Kupang' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Adityawarman'(254) 'Adityawarman' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen Sungkono' 'Mayjen HR Muhammad' (DEPO).

Jika dinyatakan dalam peta adalah seperti Gambar 4.6



Gambar 4.6 Gambar rute kendaraan 2 dari depo 66

c. Rute kendaraan 3

66 39 12 7 4 28 44 46 62 66

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi jalan Surabaya maka menjadi:

66 → 58 → 56 → 49 → 39 → 49 → 56 → 58 → 391 → 27 → 30 → 46 → 38 → 404 → 51 → 50 → 44 → 41 → 32 → 33 → 17 → 15 →

12 → 13 → 7 → 1 → 4 → 1 → 14 → 17 → 33 → 32 → 28 → 32 →
41 → 44 → 50 → 51 → 404 → 38 → 46 → 52 → 62 → 66

Dan jika dinyatakan dalam bentuk nama jalannya sebagai berikut:

(DEPO)'Mayjen HR Muhammad' 'Putat Gede' 'Putat Gede' 'Putat Gede'(39) 'Putat Gede' 'Putat Gede' 'Putat Gede' 'Mayjen HR Muhammad' 'Mayjen HR Muhammad' 'Darmo Permai I' 'Darmo Permai I' 'Darmo Baru Barat' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan' 'Raya Satelit Indah' 'Raya Satelit Utara' 'Raya Darmo Harapan' 'Darmo Harapan'(12) 'Darmo Harapan I' 'Raya Darmo Indah'(7) 'Darmo Indah Selatan'(4) 'Raya Satelit Utara' 'Raya Satelit Indah' 'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan'(28) 'Satelit Selatan' 'Raya Sukomanunggal'(44) 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Darmo Baru Barat'(46) 'Darmo Baru Barat' 'Kupang Indah'(62) 'Kupang Indah'(DEPO).

Jika dinyatakan dalam peta adalah seperti Gambar 4.7



Gambar 4.7 Gambar rute kendaraan 3 dari depo 66

d. Rute kendaraan 4

66 81 21 1 60 113 66

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi jalan Surabaya maka menjadi:

66 → 77 → 78 → 74 → 81 → 86 → 87 → 83 → 51 → 50 → 44 → 41
 → 32 → 33 → 17 → 15 → 21 → 15 → 17 → 14 → 13 → 7 → 1 → 9
 → 20 → 25 → 60 → 25 → 36 → 37 → 48 → 57 → 68 → 80 → 100 →
 113 → 99 → 87 → 86 → 81 → 74 → 78 → 77 → 66

Dan jika dinyatakan dalam bentuk nama jalannya sebagai berikut:

(DEPO) 'Mayjen HR Muhammad' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' (81) 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Sukomanunggal' 'Raya Sukomanunggal' 'Satelit Selatan' 'Satelit Selatan' 'Raya Satelit Indah' 'Raya Satelit Utara' 'Raya Darmo Harapan' 'Darmo Harapan' (21) 'Darmo Harapan' 'Raya Darmo Harapan' 'Darmo Indah Selatan' 'Darmo Harapan I' 'Raya Darmo Indah' 'Tandes' (1) 'Tandes' 'Tanjung Sari' 'Tanjung Sari' (60) 'Tandes' 'Tandes' 'Tandes' 'Tandes' 'Tandes' 'Tandes' 'Banyu Urip' (113) 'Banyu Urip' 'Simogunung' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Raya Kupang Jaya' 'Mayjen HR Muhammad' (DEPO).

Jika dinyatakan dalam peta adalah seperti Gambar 4.8



Gambar 4.8 Gambar rute kendaraan 4 dari depo 66

2. Rute kendaraan dari depo 277

Jumlah kendaraan: 2

Total travel time: 48 menit

a. Rute kendaraan 1

277 135 175 181 205 244 296 408 399 277

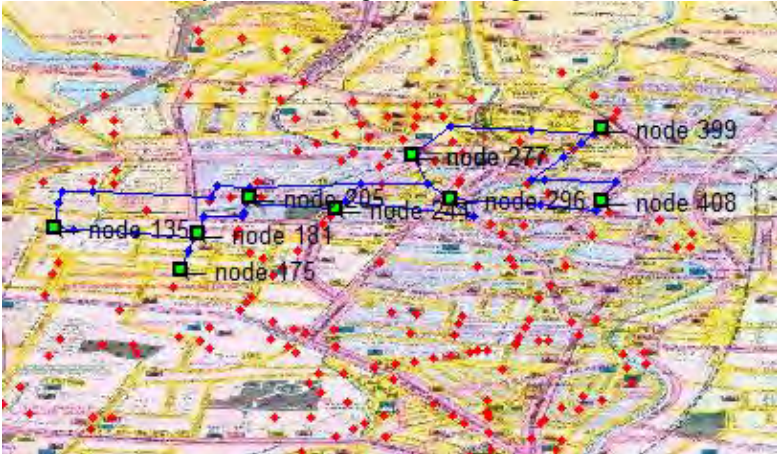
Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi jalan Surabaya maka menjadi:

277 → 287 → 296 → 310 → 249 → 260 → 206 → 191 → 190 → 146
→ 142 → 139 → 136 → 135 → 143 → 166 → 179 → 178 → 175 →
178 → 179 → 181 → 186 → 200 → 395 → 204 → 205 → 204 → 244
→ 249 → 260 → 287 → 296 → 338 → 360 → 408 → 365 → 342 →
335 → 349 → 403 → 357 → 399 → 357 → 334 → 295 → 277

Dan jika dinyatakan dalam bentuk nama jalannya sebagai berikut:

(DEPO)'Kramat Gantung' 'Tunjungan' 'Tunjungan' 'Embong Malang'
'Blauran' 'Kranggan' 'Kali Butuh' 'Tentara Pelajar' 'Tidar' 'Tidar' 'Pacuan
Kuda' 'Pacuan Kuda' 'Pacuan Kuda'(135) 'Bukit Barisan' 'Petemon I'
'Petemon I' 'Petemon Kali' 'Petemon Kali'(175) 'Petemon Kali' 'Petemon
Kali' 'Petemon Kali'(181) 'Kawi' 'Bukit Barisan' 'Arjuna' 'Arjuna'
'Arjuna'(205) 'Arjuna' 'Anjasmoro'(244) 'Kedung Doro' 'Blauran'
'Praban' 'Tunjungan'(296) 'Gang Besar' 'Walikota Mustajab' 'Agung
Suprpto'(408) 'Agung Suprpto' 'Ambengan' 'Ambengan' 'Undaan
Kulon' 'Undaan Kulon' 'Undaan Kulon' 'Pecindilan' 'Pecindilan'(399)
'Jagalan' 'Pasar Besar' 'Pahlawan'(DEPO)

Jika dinyatakan dalam peta adalah seperti Gambar 4.9



Gambar 4.9 Gambar rute kendaraan 1 dari depo 277

b. Rute kendaraan 2

277 95 106 161 242 292 277

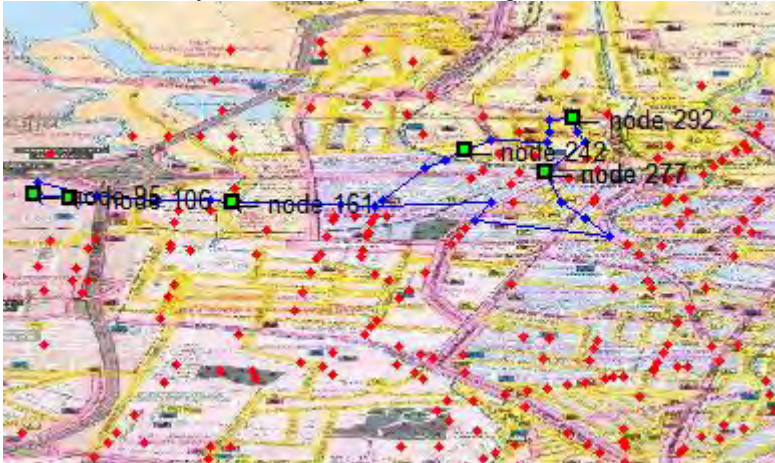
Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi jalan Surabaya maka menjadi:

277 → 287 → 296 → 310 → 249 → 260 → 206 → 191 → 161 → 148
 → 130 → 120 → 98 → 95 → 106 → 95 → 98 → 120 → 130 → 148 →
 161 → 191 → 206 → 407 → 224 → 237 → 242 → 259 → 280 → 282
 → 283 → 292 → 293 → 295 → 277

Dan jika dinyatakan dalam bentuk nama jalannya sebagai berikut:

(DEPO)'Kramat Gantung' 'Tunjungan' 'Tunjungan' 'Embong Malang'
 'Blauran' 'Kranggan' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh' 'Kali Butuh'
 'Asem Raya' 'Asem Raya' 'Dupak Rukun' 'Simorejo II'(95) 'Simorejo
 II'(106) 'Dupak Rukun' 'Asem Raya' 'Asem Raya' 'Kali Butuh' 'Kali
 Butuh' 'Kali Butuh'(161) 'Kali Butuh' 'Semarang' 'Semarang' 'Semarang'
 'Semarang' 'Semarang'(242) 'Tembaan' 'Bubutan' 'Bubutan'
 'Indrapura'(292) 'Pahlawan' 'Pahlawan' 'Pahlawan'(DEPO)

Jika dinyatakan dalam peta adalah seperti Gambar 4.10



Gambar 4.10 Gambar rute kendaraan 2 dari depo 277

3. Rute kendaraan dari depo 322

Jumlah kendaraan: 3

Total travel time: 45 menit

a. Rute kendaraan 1

322 386 210 248 264 221 322

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi jalan Surabaya maka menjadi:

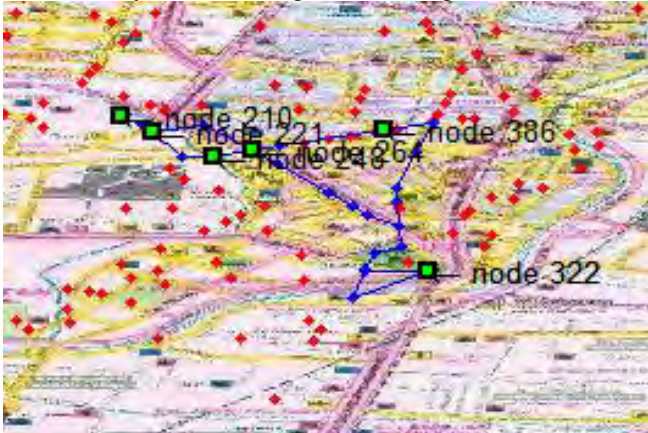
322 → 299 → 304 → 305 → 308 → 318 → 316 → 383 → 314 → 384
 → 324 → 386 → 273 → 264 → 243 → 221 → 218 → 210 → 218 →
 221 → 238 → 248 → 264 → 243 → 221 → 243 → 264 → 401 → 289
 → 298 → 382 → 316 → 318 → 308 → 305 → 304 → 322

Dan jika dinyatakan dalam bentuk nama jalannya sebagai berikut:

(DEPO)'Stasiun Wonokromo' 'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Wonokromo'
 'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Raya Darmo' 'Raya Darmo' 'Raya Darmo'
 'Raya Darmo' 'Dr. Sutomo' 'Dr. Sutomo'(386) 'Dr. Sutomo' 'Diponegoro'
 'Khoirul Anwar' 'Kembang Kuning' 'Kembang Kuning' 'Kembang
 Kuning' 'Kembang Kuning'(210) 'Kembang Kuning' 'Patmo Susanto'
 'Indragiri'(248) 'Diponegoro'(264) 'Khoirul Anwar' 'Khoirul Anwar'(221)

'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Diponegoro' 'Diponegoro'
 'Diponegoro' 'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Wonokromo'
 'Jagir Wonokromo'(DEPO).

Jika dinyatakan dalam peta adalah seperti Gambar 4.11



Gambar 4.11 Gambar rute kendaraan 1 dari depo 322

b. Rute kendaraan 2

322 298 289 400 402 177 256 322

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi jalan Surabaya maka menjadi:

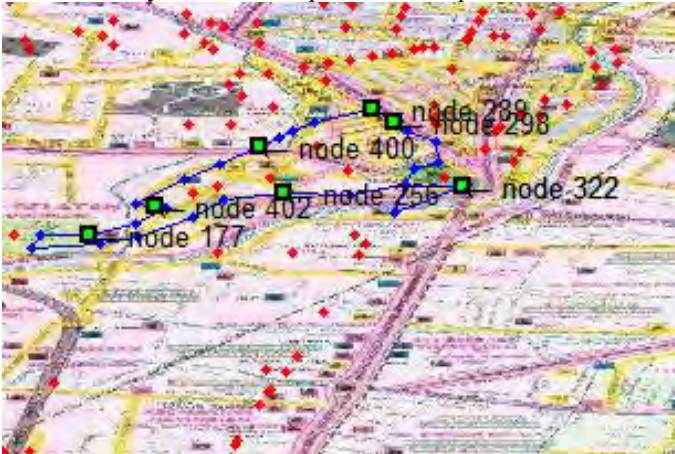
322 → 299 → 304 → 305 → 308 → 318 → 316 → 382 → 298 → 289
 → 268 → 390 → 254 → 400 → 228 → 209 → 194 → 208 → 402 →
 208 → 195 → 177 → 170 → 169 → 180 → 196 → 213 → 232 → 256
 → 279 → 305 → 304 → 322

Dan jika dinyatakan dalam bentuk nama jalannya sebagai berikut:

(DEPO)'Stasiun Wonokromo' 'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Wonokromo'
 'Wonokromo' 'Wonokromo' 'Diponegoro' 'Diponegoro'
 'Diponegoro'(298) 'Kutei'(289) 'Kutei' 'Kutei' 'Hayam Wuruk' 'Hayam
 Wuruk'(400) 'Hayam Wuruk' 'Hayam Wuruk' 'Hayam Wuruk' 'Hayam
 Wuruk' 'Hayam Wuruk'(402) 'Gunung Sari' 'Gunung Sari' 'Gunung
 Sari'(177) 'Kebon Agung' 'Karah' 'Karah' 'Pulo Wonokromo' 'Pulo

Wonokromo' 'Pulo Wonokromo'(256) 'Pulo Wonokromo' 'Pulo Wonokromo' 'Wonokromo' 'Jagir Wonokromo'(DEPO).

Jika dinyatakan dalam peta adalah seperti Gambar 4.12



Gambar 4.12 Gambar rute kendaraan 2 dari depo 322

c. Rute kendaraan 3

322 355 315 333 376 322

Jika rute tersebut diubah sesuai kondisi jalan Surabaya maka menjadi:

322 → 345 → 346 → 353 → 361 → 355 → 347 → 341 → 339 → 315
→ 339 → 333 → 319 → 305 → 304 → 322 → 376 → 322

Dan jika dinyatakan dalam bentuk nama jalannya sebagai berikut:

(DEPO)'Ngagel' 'Ngagel' 'Ngagel' 'Ngagel' 'Dinoyo' 'Darmo Kali' 'Darmo Kali'(355) 'Darmo Kali' 'Juwono' 'Juwono'(315) 'Darmo Kali' 'Darmo Kali'(333) 'Darmo Kali' 'Wonokromo' 'Jagir Wonokromo' 'Jagir Wonokromo'(376) 'Jagir Wonokromo'(DEPO).

Jika dinyatakan dalam peta adalah seperti Gambar 4.13



Gambar 4.13 Gambar rute kendaraan 3 dari depo 322

4.5 Analisa Hasil Pengujian

Dalam pengujian ini digunakan beberapa metode selain metode utama algoritma *Simulated Annealing* untuk optimasi. Pada awal inisialisasi digunakan metode *nearest neighbour* untuk mendapatkan rute awal. Kemudian rute awal ini di optimasi menggunakan algoritma *Simulated Annealing*.

Pada algoritma *Simulated Annealing* terdapat 3 parameter. Parameter yang pertama adalah iterasi maksimum pada setiap nilai T , dimana T adalah dua kali nilai *travel time* rute hasil dari *nearest neighbour*. Parameter yang kedua adalah *max_sukses*. *Max_sukses* adalah banyak nilai *sukses*. *Sukses* yang dimaksud disini adalah saat nilai *travel time* pada iterasi ke- n lebih baik dari iterasi ke- $n-1$. Pada pengujian ini ditentukan nilai *max_sukses* sebesar 6. Semakin besar nilai *max_sukses* semakin baik nilai *travel time* yang didapatkan. Namun jika nilai *max_sukses* terlalu besar bisa berakibat pada tidak berhentinya proses iterasi pada *Simulated Annealing*. Hal ini dikarenakan sudah tidak ada lagi rute yang terbentuk dengan *travel time* yang lebih minimum. Berdasarkan data depo dan konsumen pada penelitian ini, nilai *max_sukses* sebesar 6 adalah yang paling memungkinkan untuk dicapai untuk menghasilkan rute kendaraan dengan *travel time* yang minimum. Parameter yang ketiga adalah *cooling rate*, *cooling rate* berfungsi untuk

menurunkan nilai T jika pada iterasi maksimum tiap nilai T tidak diperoleh nilai *max_sukses* yang diinginkan. Nilai *cooling rate* adalah antara 0 sampai 1. Biasanya ditetapkan mendekati 1 agar penurunan nilai T tidak terlalu besar. Pada penelitian ini saya lakukan pengujian untuk nilai *cooling rate* 0,90; 0,95; dan 0,99. Berdasar pengujian tersebut didapat rute kendaraan dengan nilai *travel time* yang tidak jauh berbeda.

Metode terakhir yang digunakan adalah *insertion*. Cara kerja metode *insertion* adalah dengan menyisipkan node konsumen pada suatu rute kendaraan ke rute kendaraan yang lain. Metode *insertion* diterapkan pada setiap hasil iterasi dari algoritma *Simulated Annealing*. Metode ini bertujuan untuk memperbaiki hasil dari algoritma *Simulated Annealing* sehingga nilai *max_sukses* dapat tercapai.



- Sensitivitas terhadap perubahan permintaan konsumen**

Pada pengujian ini kapasitas depo dinaikkan hingga 50%. Kemudian jumlah permintaan tiap konsumen dinaikkan secara bertahap sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil seperti pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil uji berdasarkan perubahan permintaan konsumen

| Kenaikan permintaan konsumen | Depo 1 | | Depo 2 | | Depo 3 | | Total | |
|------------------------------|-----------|---|----------|---|----------|---|-----------|----|
| 10% | 132 menit | 5 | 48 menit | 2 | 46 menit | 4 | 226 menit | 12 |
| 20% | 133 menit | 4 | 59 menit | 3 | 53 menit | 4 | 245 menit | 11 |
| 30% | 143 menit | 5 | 52 menit | 3 | 63 menit | 4 | 258 menit | 12 |
| 40% | 153 menit | 6 | 52 menit | 2 | 55 menit | 5 | 260 menit | 13 |
| 50% | 152 menit | 6 | 59 menit | 3 | 63 menit | 5 | 274 menit | 14 |

Keterangan:

 travel time
 jumlah kendaraan

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3.4 tiap kenaikan permintaan sebesar 10%, jika dirata-rata, total *travel timenya* pun meningkat atau jadi lebih lama sebesar 5%.

- Sensitivitas terhadap perubahan kapasitas depo**



Pada pengujian ini dilakukan perubahan kapasitas tiap depo dengan menaikannya secara bertahap sebesar 10%, 20%, 30%, 40%,

dan 50%. Sedangkan untuk jumlah permintaan tiap konsumen tetap. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil seperti pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil uji berdasarkan perubahan kapasitas depo

| Kenaikan kapasitas depo | Depo 1 | | Depo 2 | | Depo 3 | | Total | |
|-------------------------|-----------|---|----------|---|----------|---|-----------|----|
| 10% | 132 menit | 5 | 48 menit | 2 | 49 menit | 3 | 229 menit | 12 |
| 20% | 106 menit | 4 | 51 menit | 2 | 95 menit | 4 | 252 menit | 11 |
| 30% | 74 menit | 3 | 51 menit | 2 | 97 menit | 4 | 222 menit | 12 |
| 40% | 76 menit | 3 | 50 menit | 2 | 93 menit | 5 | 219 menit | 13 |
| 50% | 71 menit | 3 | 55 menit | 2 | 88 menit | 5 | 214 menit | 14 |

Keterangan:

 travel time
 jumlah kendaraan

Pada tabel di atas perubahan jumlah kapasitas antara 10% dan 20% mengalami peningkatan sebesar 10% pada *travel timenya*. Sedangkan pada kenaikan kapasitas antara 20%-50% didapat penurunan *travel time* dengan rata-rata 5%.



4.6 Perbandingan dengan metode lain

Dalam pengujian menggunakan algoritma Simulated Annealing ini hasilnya dibandingkan dengan metode lain dengan data yang sama. Hasil perbandingannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil perbandingan dengan metode lain

| | Simulated Annealing | | Particle Swarm Optimization | | Ant Colony System | |
|--------|---------------------|---|-----------------------------|----|-------------------|----|
| Depo 1 | 148 menit | 4 | 47 menit | 7 | 174 menit | 5 |
| Depo 2 | 48 menit | 2 | 40 menit | 3 | 43 menit | 2 |
| Depo 3 | 45 menit | 3 | 28 menit | 5 | 52 menit | 3 |
| Total | 241 menit | 9 | 115 menit | 15 | 269 menit | 10 |

Keterangan:

 travel time
 jumlah kendaraan

Dari hasil perbandingan 3 metode di atas diperoleh kesimpulan bahwa algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) menghasilkan travel time

yang paling minimum sebesar 1 jam 45,64 menit [10]. Dan algoritma *Simulated Annealing* menghasilkan jumlah kendaraan yang paling minimum sebanyak 9 kendaraan. Sedangkan algoritma Ant Colony System menghasilkan travel time yang tidak lebih baik dari dua algoritma lainnya namun menghasilkan jumlah kendaraan yang lebih baik dari algoritma PSO [11].

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut:

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. *Clustering* pada *Multi Depot Vehicle Routing Problem* dapat menggunakan metode *Simplified Parallel Assignment* dengan mempertimbangkan jarak konsumen ke depo dan *time window* masing-masing depo dan konsumen.
2. Algoritma *Simulated Annealing* (SA) menghasilkan total *travel time* 241 menit. Jika dibandingkan dengan metode *Ant Colony System* (ACS) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO), total *travel time* paling minimum dihasilkan metode PSO sebesar 115 menit.
3. Dilihat dari segi total jumlah kendaraan, algoritma SA menghasilkan 9 kendaraan atau paling minimum dibanding metode ACS dan PSO.

5.2 Saran

Adapun saran yang diajukan untuk penelitian ini adalah:

1. Perlu dikembangkan metode yang berbeda untuk menyelesaikan permasalahan MDVRPTW sebagai pembandingan dan sekaligus melengkapi kelemahan masing-masing.
2. Dalam hal penyajian hasil optimasi dapat dikembangkan lagi menggunakan aplikasi Geographic Information System (GIS) yang lain yang lebih informatif dan dinamis.
3. Segmentasi jalan lebih diperbaharui sesuai kondisi yang sekarang.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|------------------|
| 1 | 257 | 220 | 1 | Raya Waru |
| 2 | 220 | 257 | 1 | Raya Waru |
| 3 | 192 | 220 | 2 | Letjend Sutoyo |
| 4 | 220 | 192 | 2 | Letjend Sutoyo |
| 5 | 192 | 149 | 2 | Letjend Sutoyo |
| 6 | 149 | 192 | 2 | Letjend Sutoyo |
| 7 | 149 | 124 | 2 | Letjend Sutoyo |
| 8 | 124 | 149 | 2 | Letjend Sutoyo |
| 9 | 220 | 222 | 1 | Raya Waru |
| 10 | 222 | 220 | 1 | Raya Waru |
| 11 | 222 | 229 | 5 | Achmad Yani |
| 12 | 229 | 235 | 5 | Achmad Yani |
| 13 | 235 | 377 | 5 | Achmad Yani |
| 14 | 377 | 236 | 5 | Achmad Yani |
| 15 | 236 | 222 | 5 | Achmad Yani |
| 16 | 377 | 378 | 5 | Achmad Yani |
| 17 | 378 | 377 | 5 | Achmad Yani |
| 18 | 378 | 247 | 5 | Achmad Yani |
| 19 | 247 | 251 | 5 | Achmad Yani |
| 20 | 251 | 378 | 5 | Achmad Yani |
| 21 | 251 | 245 | 5 | Achmad Yani |
| 22 | 245 | 263 | 5 | Achmad Yani |
| 23 | 263 | 258 | 5 | Achmad Yani |
| 24 | 258 | 251 | 5 | Achmad Yani |
| 25 | 263 | 379 | 5 | Achmad Yani |
| 26 | 379 | 263 | 5 | Achmad Yani |
| 27 | 379 | 285 | 5 | Achmad Yani |
| 28 | 286 | 379 | 5 | Achmad Yani |
| 29 | 285 | 286 | 5 | Achmad Yani |
| 30 | 222 | 193 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 31 | 193 | 222 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 32 | 193 | 183 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 33 | 183 | 193 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 34 | 183 | 167 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 35 | 167 | 183 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 36 | 167 | 389 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 37 | 389 | 167 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 38 | 389 | 124 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 39 | 124 | 389 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 40 | 199 | 193 | 4 | Gerbang Tol Waru |
| 41 | 193 | 199 | 6 | Dukuh Menanggal |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|-------------------|
| 42 | 229 | 199 | 6 | Dukuh Menanggal |
| 43 | 199 | 229 | 6 | Dukuh Menanggal |
| 44 | 124 | 92 | 3 | Raya Taman |
| 45 | 92 | 124 | 3 | Raya Taman |
| 46 | 92 | 70 | 3 | Raya Taman |
| 47 | 70 | 92 | 3 | Raya Taman |
| 48 | 70 | 63 | 3 | Raya Taman |
| 49 | 63 | 70 | 3 | Raya Taman |
| 50 | 63 | 53 | 3 | Raya Taman |
| 51 | 53 | 63 | 3 | Raya Taman |
| 52 | 53 | 31 | 3 | Raya Taman |
| 53 | 31 | 53 | 3 | Raya Taman |
| 54 | 199 | 155 | 7 | Raya Taman Indah |
| 55 | 155 | 199 | 7 | Raya Taman Indah |
| 56 | 155 | 159 | 7 | Raya Taman Indah |
| 57 | 159 | 155 | 7 | Raya Taman Indah |
| 58 | 159 | 168 | 8 | Gayungan II |
| 59 | 168 | 159 | 8 | Gayungan II |
| 60 | 168 | 235 | 8 | Gayungan II |
| 61 | 235 | 168 | 8 | Gayungan II |
| 62 | 168 | 172 | 9 | Gayung Sari |
| 63 | 172 | 168 | 9 | Gayung Sari |
| 64 | 247 | 172 | 10 | Gayung Kebon Sari |
| 65 | 172 | 247 | 10 | Gayung Kebon Sari |
| 66 | 172 | 125 | 10 | Gayung Kebon Sari |
| 67 | 125 | 172 | 10 | Gayung Kebon Sari |
| 68 | 114 | 125 | 10 | Gayung Kebon Sari |
| 69 | 125 | 114 | 10 | Gayung Kebon Sari |
| 70 | 112 | 114 | 11 | Kebon Sari |
| 71 | 114 | 112 | 11 | Kebon Sari |
| 72 | 104 | 112 | 11 | Kebon Sari |
| 73 | 112 | 104 | 11 | Kebon Sari |
| 74 | 89 | 104 | 12 | Raya Pagesangan |
| 75 | 104 | 89 | 12 | Raya Pagesangan |
| 76 | 76 | 89 | 12 | Raya Pagesangan |
| 77 | 89 | 76 | 12 | Raya Pagesangan |
| 78 | 73 | 76 | 12 | Raya Pagesangan |
| 79 | 76 | 73 | 12 | Raya Pagesangan |
| 80 | 61 | 73 | 12 | Raya Pagesangan |
| 81 | 73 | 61 | 12 | Raya Pagesangan |
| 82 | 144 | 125 | 22 | Kebon Sari Tengah |
| 83 | 125 | 144 | 22 | Kebon Sari Tengah |
| 84 | 156 | 144 | 23 | Agung |
| 85 | 144 | 156 | 23 | Agung |
| 86 | 154 | 156 | 24 | Kebon Agung |
| 87 | 156 | 154 | 24 | Kebon Agung |
| 88 | 169 | 154 | 24 | Kebon Agung |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|-------------|
| 89 | 154 | 169 | 24 | Kebon Agung |
| 90 | 170 | 169 | 24 | Kebon Agung |
| 91 | 169 | 170 | 24 | Kebon Agung |
| 92 | 261 | 285 | 21 | Ketintang |
| 93 | 285 | 261 | 21 | Ketintang |
| 94 | 226 | 261 | 21 | Ketintang |
| 95 | 261 | 226 | 21 | Ketintang |
| 96 | 196 | 226 | 21 | Ketintang |
| 97 | 226 | 196 | 21 | Ketintang |
| 98 | 137 | 127 | 19 | Karah |
| 99 | 127 | 137 | 19 | Karah |
| 100 | 151 | 137 | 19 | Karah |
| 101 | 137 | 151 | 19 | Karah |
| 102 | 169 | 151 | 19 | Karah |
| 103 | 151 | 169 | 19 | Karah |
| 104 | 180 | 169 | 19 | Karah |
| 105 | 169 | 180 | 19 | Karah |
| 106 | 196 | 180 | 19 | Karah |
| 107 | 180 | 196 | 19 | Karah |
| 108 | 114 | 127 | 17 | Jambangan |
| 109 | 127 | 114 | 17 | Jambangan |
| 110 | 42 | 26 | 13 | Mastrip |
| 111 | 26 | 42 | 13 | Mastrip |
| 112 | 45 | 42 | 13 | Mastrip |
| 113 | 42 | 45 | 13 | Mastrip |
| 114 | 59 | 42 | 13 | Mastrip |
| 115 | 42 | 59 | 13 | Mastrip |
| 116 | 69 | 59 | 13 | Mastrip |
| 117 | 59 | 69 | 13 | Mastrip |
| 118 | 72 | 69 | 13 | Mastrip |
| 119 | 69 | 72 | 13 | Mastrip |
| 120 | 93 | 72 | 13 | Mastrip |
| 121 | 72 | 93 | 13 | Mastrip |
| 122 | 105 | 93 | 13 | Mastrip |
| 123 | 93 | 105 | 13 | Mastrip |
| 124 | 109 | 105 | 13 | Mastrip |
| 125 | 105 | 109 | 13 | Mastrip |
| 126 | 122 | 109 | 13 | Mastrip |
| 127 | 109 | 122 | 13 | Mastrip |
| 128 | 140 | 122 | 14 | Gunung Sari |
| 129 | 122 | 140 | 14 | Gunung Sari |
| 130 | 170 | 140 | 14 | Gunung Sari |
| 131 | 140 | 170 | 14 | Gunung Sari |
| 132 | 170 | 177 | 14 | Gunung Sari |
| 133 | 177 | 170 | 14 | Gunung Sari |
| 134 | 177 | 195 | 14 | Gunung Sari |
| 135 | 195 | 177 | 14 | Gunung Sari |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|---------------|
| 136 | 195 | 208 | 14 | Gunung Sari |
| 137 | 208 | 195 | 14 | Gunung Sari |
| 138 | 140 | 96 | 27 | Golf |
| 139 | 96 | 140 | 27 | Golf |
| 140 | 96 | 94 | 27 | Golf |
| 141 | 94 | 96 | 27 | Golf |
| 142 | 117 | 107 | 28 | Jajar |
| 143 | 107 | 117 | 28 | Jajar |
| 144 | 107 | 101 | 28 | Jajar |
| 145 | 101 | 107 | 28 | Jajar |
| 146 | 101 | 90 | 28 | Jajar |
| 147 | 90 | 101 | 28 | Jajar |
| 148 | 90 | 91 | 28 | Jajar |
| 149 | 91 | 90 | 28 | Jajar |
| 150 | 91 | 94 | 28 | Jajar |
| 151 | 94 | 91 | 28 | Jajar |
| 152 | 117 | 110 | 29 | Dukuh Pakis |
| 153 | 110 | 117 | 29 | Dukuh Pakis |
| 154 | 110 | 118 | 29 | Dukuh Pakis |
| 155 | 118 | 110 | 29 | Dukuh Pakis |
| 156 | 118 | 121 | 29 | Dukuh Pakis |
| 157 | 121 | 118 | 29 | Dukuh Pakis |
| 158 | 147 | 145 | 31 | Kencana Sari |
| 159 | 145 | 147 | 31 | Kencana Sari |
| 160 | 145 | 118 | 30 | Bukit Kencana |
| 161 | 118 | 145 | 30 | Bukit Kencana |
| 162 | 208 | 194 | 25 | Hayam Wuruk |
| 163 | 194 | 208 | 25 | Hayam Wuruk |
| 164 | 194 | 209 | 25 | Hayam Wuruk |
| 165 | 209 | 194 | 25 | Hayam Wuruk |
| 166 | 209 | 228 | 25 | Hayam Wuruk |
| 167 | 228 | 209 | 25 | Hayam Wuruk |
| 168 | 400 | 228 | 25 | Hayam Wuruk |
| 169 | 228 | 400 | 25 | Hayam Wuruk |
| 170 | 400 | 254 | 25 | Hayam Wuruk |
| 171 | 254 | 400 | 25 | Hayam Wuruk |
| 172 | 269 | 254 | 32 | Adityawarman |
| 173 | 254 | 269 | 32 | Adityawarman |
| 174 | 254 | 234 | 32 | Adityawarman |
| 175 | 234 | 254 | 32 | Adityawarman |
| 176 | 208 | 214 | 15 | Joyoboyo |
| 177 | 214 | 208 | 15 | Joyoboyo |
| 178 | 214 | 227 | 15 | Joyoboyo |
| 179 | 227 | 214 | 15 | Joyoboyo |
| 180 | 227 | 250 | 15 | Joyoboyo |
| 181 | 250 | 227 | 15 | Joyoboyo |
| 182 | 250 | 276 | 15 | Joyoboyo |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|----------------|
| 183 | 276 | 250 | 15 | Joyoboyo |
| 184 | 276 | 308 | 15 | Joyoboyo |
| 185 | 308 | 276 | 15 | Joyoboyo |
| 186 | 305 | 279 | 20 | Pulo Wonokromo |
| 187 | 279 | 305 | 20 | Pulo Wonokromo |
| 188 | 279 | 256 | 20 | Pulo Wonokromo |
| 189 | 256 | 279 | 20 | Pulo Wonokromo |
| 190 | 256 | 232 | 20 | Pulo Wonokromo |
| 191 | 232 | 256 | 20 | Pulo Wonokromo |
| 192 | 232 | 213 | 20 | Pulo Wonokromo |
| 193 | 213 | 232 | 20 | Pulo Wonokromo |
| 194 | 213 | 196 | 20 | Pulo Wonokromo |
| 195 | 196 | 213 | 20 | Pulo Wonokromo |
| 196 | 286 | 284 | 26 | Wonokromo |
| 197 | 284 | 299 | 26 | Wonokromo |
| 198 | 299 | 286 | 26 | Wonokromo |
| 199 | 299 | 304 | 26 | Wonokromo |
| 200 | 304 | 299 | 26 | Wonokromo |
| 201 | 304 | 305 | 26 | Wonokromo |
| 202 | 305 | 304 | 26 | Wonokromo |
| 203 | 305 | 308 | 26 | Wonokromo |
| 204 | 308 | 305 | 26 | Wonokromo |
| 205 | 308 | 318 | 26 | Wonokromo |
| 206 | 318 | 308 | 26 | Wonokromo |
| 207 | 318 | 316 | 26 | Wonokromo |
| 208 | 316 | 318 | 26 | Wonokromo |
| 209 | 109 | 35 | 16 | Menganti |
| 210 | 35 | 109 | 16 | Menganti |
| 211 | 72 | 47 | 18 | Kebraon |
| 212 | 47 | 72 | 18 | Kebraon |
| 213 | 208 | 402 | 25 | Hayam Wuruk |
| 214 | 402 | 208 | 25 | Hayam Wuruk |
| 215 | 31 | 29 | 168 | Ngelom |
| 216 | 29 | 31 | 168 | Ngelom |
| 217 | 29 | 26 | 168 | Ngelom |
| 218 | 26 | 29 | 168 | Ngelom |
| 219 | 29 | 45 | 169 | Wonocolo |
| 220 | 45 | 29 | 169 | Wonocolo |
| 221 | 45 | 61 | 169 | Wonocolo |
| 222 | 61 | 45 | 169 | Wonocolo |
| 223 | 61 | 65 | 169 | Wonocolo |
| 224 | 65 | 61 | 169 | Wonocolo |
| 225 | 65 | 64 | 169 | Wonocolo |
| 226 | 64 | 65 | 169 | Wonocolo |
| 227 | 64 | 71 | 169 | Wonocolo |
| 228 | 71 | 64 | 169 | Wonocolo |
| 229 | 70 | 71 | 169 | Wonocolo |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode | Node | Node | Kode | Nama Jalan |
|------|------|------|-------|--------------------|
| Ruas | From | To | Jalan | |
| 230 | 71 | 70 | 169 | Wonocolo |
| 231 | 234 | 380 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 232 | 380 | 234 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 233 | 380 | 157 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 234 | 157 | 380 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 235 | 157 | 147 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 236 | 147 | 129 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 237 | 129 | 121 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 238 | 121 | 129 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 239 | 129 | 157 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 240 | 121 | 381 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 241 | 381 | 121 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 242 | 381 | 77 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 243 | 77 | 85 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 244 | 85 | 381 | 33 | Mayjen Sungkono |
| 245 | 121 | 123 | 45 | Raya Dukuh Kupang |
| 246 | 123 | 129 | 45 | Raya Dukuh Kupang |
| 247 | 123 | 132 | 45 | Raya Dukuh Kupang |
| 248 | 132 | 123 | 45 | Raya Dukuh Kupang |
| 249 | 132 | 141 | 45 | Raya Dukuh Kupang |
| 250 | 141 | 132 | 45 | Raya Dukuh Kupang |
| 251 | 141 | 152 | 34 | Putat Jaya |
| 252 | 152 | 141 | 34 | Putat Jaya |
| 253 | 152 | 164 | 35 | Jarak |
| 254 | 164 | 152 | 35 | Jarak |
| 255 | 164 | 174 | 35 | Jarak |
| 256 | 174 | 164 | 35 | Jarak |
| 257 | 132 | 165 | 36 | Dukuh Kupang Timur |
| 258 | 165 | 132 | 36 | Dukuh Kupang Timur |
| 259 | 165 | 187 | 37 | Kupang Girilaya |
| 260 | 187 | 165 | 37 | Kupang Girilaya |
| 261 | 187 | 218 | 37 | Kupang Girilaya |
| 262 | 218 | 187 | 37 | Kupang Girilaya |
| 263 | 211 | 210 | 38 | Kembang Kuning |
| 264 | 210 | 211 | 38 | Kembang Kuning |
| 265 | 210 | 218 | 38 | Kembang Kuning |
| 266 | 218 | 210 | 38 | Kembang Kuning |
| 267 | 218 | 221 | 38 | Kembang Kuning |
| 268 | 221 | 218 | 38 | Kembang Kuning |
| 269 | 221 | 238 | 38 | Kembang Kuning |
| 270 | 238 | 221 | 38 | Kembang Kuning |
| 271 | 174 | 185 | 39 | Banyu Urip Wetan V |
| 272 | 185 | 174 | 39 | Banyu Urip Wetan V |
| 273 | 185 | 210 | 39 | Banyu Urip Wetan V |
| 274 | 210 | 185 | 39 | Banyu Urip Wetan V |
| 275 | 210 | 231 | 39 | Banyu Urip Wetan V |
| 276 | 231 | 210 | 39 | Banyu Urip Wetan V |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ | Node_ | Node_ | Kode_ | Nama Jalan |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| Ruas | From | To | Jalan | |
| 277 | 221 | 243 | 40 | Khoirul Anwar |
| 278 | 243 | 221 | 40 | Khoirul Anwar |
| 279 | 234 | 239 | 41 | Patmo Susanto |
| 280 | 239 | 233 | 41 | Patmo Susanto |
| 281 | 233 | 238 | 41 | Patmo Susanto |
| 282 | 238 | 248 | 41 | Patmo Susanto |
| 283 | 234 | 252 | 47 | Kampar Wetan V |
| 284 | 252 | 234 | 47 | Kampar Wetan V |
| 285 | 264 | 248 | 48 | Indragiri |
| 286 | 248 | 264 | 48 | Indragiri |
| 287 | 248 | 252 | 48 | Indragiri |
| 288 | 252 | 248 | 48 | Indragiri |
| 289 | 174 | 189 | 46 | Girilaya |
| 290 | 189 | 174 | 46 | Girilaya |
| 291 | 189 | 198 | 46 | Girilaya |
| 292 | 198 | 189 | 46 | Girilaya |
| 293 | 254 | 390 | 42 | Kutei |
| 294 | 390 | 254 | 42 | Kutei |
| 295 | 390 | 268 | 42 | Kutei |
| 296 | 268 | 390 | 42 | Kutei |
| 297 | 268 | 289 | 42 | Kutei |
| 298 | 289 | 268 | 42 | Kutei |
| 299 | 298 | 269 | 43 | Ciliwung |
| 300 | 269 | 298 | 43 | Ciliwung |
| 301 | 289 | 314 | 42 | Kutei |
| 302 | 314 | 289 | 42 | Kutei |
| 303 | 316 | 382 | 44 | Diponegoro |
| 304 | 382 | 316 | 44 | Diponegoro |
| 305 | 382 | 298 | 44 | Diponegoro |
| 306 | 298 | 382 | 44 | Diponegoro |
| 307 | 298 | 289 | 44 | Diponegoro |
| 308 | 289 | 298 | 44 | Diponegoro |
| 309 | 289 | 401 | 44 | Diponegoro |
| 310 | 401 | 289 | 44 | Diponegoro |
| 311 | 401 | 264 | 44 | Diponegoro |
| 312 | 264 | 401 | 44 | Diponegoro |
| 313 | 264 | 243 | 44 | Diponegoro |
| 314 | 243 | 264 | 44 | Diponegoro |
| 315 | 243 | 231 | 44 | Diponegoro |
| 316 | 231 | 243 | 44 | Diponegoro |
| 317 | 231 | 219 | 44 | Diponegoro |
| 318 | 219 | 231 | 44 | Diponegoro |
| 319 | 219 | 211 | 44 | Diponegoro |
| 320 | 211 | 198 | 44 | Diponegoro |
| 321 | 198 | 219 | 44 | Diponegoro |
| 322 | 316 | 383 | 95 | Raya Darmo |
| 323 | 383 | 313 | 95 | Raya Darmo |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|---------------------------|
| 324 | 313 | 315 | 95 | Raya Darmo |
| 325 | 315 | 316 | 95 | Raya Darmo |
| 326 | 383 | 314 | 95 | Raya Darmo |
| 327 | 314 | 383 | 95 | Raya Darmo |
| 328 | 314 | 384 | 95 | Raya Darmo |
| 329 | 384 | 314 | 95 | Raya Darmo |
| 330 | 384 | 324 | 95 | Raya Darmo |
| 331 | 324 | 384 | 95 | Raya Darmo |
| 332 | 264 | 273 | 90 | Dr. Sutomo |
| 333 | 273 | 264 | 90 | Dr. Sutomo |
| 334 | 273 | 386 | 90 | Dr. Sutomo |
| 335 | 386 | 273 | 90 | Dr. Sutomo |
| 336 | 386 | 312 | 90 | Dr. Sutomo |
| 337 | 312 | 324 | 90 | Dr. Sutomo |
| 338 | 324 | 386 | 90 | Dr. Sutomo |
| 339 | 77 | 66 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 340 | 66 | 77 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 341 | 66 | 58 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 342 | 58 | 391 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 343 | 391 | 66 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 344 | 391 | 27 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 345 | 27 | 391 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 346 | 27 | 392 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 347 | 392 | 27 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 348 | 392 | 16 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 349 | 16 | 392 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 350 | 16 | 11 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 351 | 11 | 16 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 352 | 11 | 10 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 353 | 10 | 11 | 49 | Mayjen HR Muhammad |
| 354 | 10 | 18 | 55 | Raya Darmo Permai II |
| 355 | 18 | 10 | 55 | Raya Darmo Permai II |
| 356 | 18 | 23 | 55 | Raya Darmo Permai II |
| 357 | 23 | 18 | 55 | Raya Darmo Permai II |
| 358 | 58 | 56 | 84 | Putat Gede |
| 359 | 56 | 58 | 84 | Putat Gede |
| 360 | 56 | 49 | 84 | Putat Gede |
| 361 | 49 | 56 | 84 | Putat Gede |
| 362 | 49 | 39 | 84 | Putat Gede |
| 363 | 39 | 49 | 84 | Putat Gede |
| 364 | 39 | 40 | 84 | Putat Gede |
| 365 | 40 | 39 | 84 | Putat Gede |
| 366 | 40 | 43 | 84 | Putat Gede |
| 367 | 43 | 40 | 84 | Putat Gede |
| 368 | 30 | 18 | 54 | Daya Darmo Permai Selatan |
| 369 | 18 | 30 | 54 | Daya Darmo Permai Selatan |
| 370 | 27 | 30 | 53 | Darmo Permai I |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|--------------------|
| 371 | 30 | 27 | 53 | Darmo Permai I |
| 372 | 30 | 46 | 53 | Darmo Permai I |
| 373 | 46 | 30 | 53 | Darmo Permai I |
| 374 | 38 | 46 | 52 | Darmo Baru Barat |
| 375 | 46 | 38 | 52 | Darmo Baru Barat |
| 376 | 46 | 52 | 52 | Darmo Baru Barat |
| 377 | 52 | 46 | 52 | Darmo Baru Barat |
| 378 | 52 | 62 | 51 | Kupang Indah |
| 379 | 62 | 52 | 51 | Kupang Indah |
| 380 | 62 | 66 | 51 | Kupang Indah |
| 381 | 66 | 62 | 51 | Kupang Indah |
| 382 | 54 | 67 | 62 | Darmo Baru |
| 383 | 67 | 54 | 62 | Darmo Baru |
| 384 | 67 | 75 | 63 | Kupang Indah X |
| 385 | 75 | 67 | 63 | Kupang Indah X |
| 386 | 75 | 81 | 63 | Kupang Indah X |
| 387 | 81 | 75 | 63 | Kupang Indah X |
| 388 | 62 | 75 | 60 | Kupang Indah XVII |
| 389 | 75 | 62 | 60 | Kupang Indah XVII |
| 390 | 52 | 67 | 61 | Kupang Baru |
| 391 | 67 | 52 | 61 | Kupang Baru |
| 392 | 67 | 79 | 61 | Kupang Baru |
| 393 | 79 | 67 | 61 | Kupang Baru |
| 394 | 79 | 83 | 61 | Kupang Baru |
| 395 | 83 | 79 | 61 | Kupang Baru |
| 396 | 404 | 54 | 59 | Kupang Baru I |
| 397 | 54 | 404 | 59 | Kupang Baru I |
| 398 | 54 | 79 | 59 | Kupang Baru I |
| 399 | 79 | 54 | 59 | Kupang Baru I |
| 400 | 51 | 83 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 401 | 83 | 51 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 402 | 83 | 87 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 403 | 87 | 83 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 404 | 87 | 99 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 405 | 99 | 87 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 406 | 87 | 86 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 407 | 86 | 87 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 408 | 86 | 81 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 409 | 81 | 86 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 410 | 81 | 74 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 411 | 74 | 81 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 412 | 74 | 78 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 413 | 78 | 74 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 414 | 78 | 77 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 415 | 77 | 78 | 64 | Raya Kupang Jaya |
| 416 | 44 | 50 | 57 | Raya Sukomanunggal |
| 417 | 50 | 44 | 57 | Raya Sukomanunggal |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|----------------------|
| 418 | 50 | 51 | 57 | Raya Sukomanunggal |
| 419 | 51 | 50 | 57 | Raya Sukomanunggal |
| 420 | 51 | 404 | 57 | Raya Sukomanunggal |
| 421 | 404 | 51 | 57 | Raya Sukomanunggal |
| 422 | 404 | 38 | 57 | Raya Sukomanunggal |
| 423 | 38 | 404 | 57 | Raya Sukomanunggal |
| 424 | 38 | 24 | 56 | Raya Darmo Permai I |
| 425 | 24 | 38 | 56 | Raya Darmo Permai I |
| 426 | 24 | 23 | 56 | Raya Darmo Permai I |
| 427 | 23 | 24 | 56 | Raya Darmo Permai I |
| 428 | 23 | 19 | 56 | Raya Darmo Permai I |
| 429 | 19 | 23 | 56 | Raya Darmo Permai I |
| 430 | 19 | 51 | 56 | Raya Darmo Permai I |
| 431 | 51 | 19 | 56 | Raya Darmo Permai I |
| 432 | 21 | 22 | 58 | Raya Satelit Selatan |
| 433 | 22 | 21 | 58 | Raya Satelit Selatan |
| 434 | 22 | 28 | 58 | Raya Satelit Selatan |
| 435 | 28 | 22 | 58 | Raya Satelit Selatan |
| 436 | 28 | 32 | 58 | Raya Satelit Selatan |
| 437 | 32 | 28 | 58 | Raya Satelit Selatan |
| 438 | 32 | 41 | 58 | Raya Satelit Selatan |
| 439 | 41 | 32 | 58 | Raya Satelit Selatan |
| 440 | 41 | 44 | 58 | Raya Satelit Selatan |
| 441 | 44 | 41 | 58 | Raya Satelit Selatan |
| 442 | 32 | 33 | 72 | Raya Satelit Indah |
| 443 | 33 | 32 | 72 | Raya Satelit Indah |
| 444 | 33 | 34 | 72 | Raya Satelit Indah |
| 445 | 34 | 33 | 72 | Raya Satelit Indah |
| 446 | 34 | 37 | 72 | Raya Satelit Indah |
| 447 | 37 | 34 | 72 | Raya Satelit Indah |
| 448 | 21 | 15 | 65 | Darmo Harapan |
| 449 | 15 | 21 | 65 | Darmo Harapan |
| 450 | 15 | 12 | 65 | Darmo Harapan |
| 451 | 12 | 15 | 65 | Darmo Harapan |
| 452 | 15 | 17 | 66 | Raya Darmo Harapan |
| 453 | 17 | 15 | 66 | Raya Darmo Harapan |
| 454 | 12 | 13 | 67 | Darmo Harapan I |
| 455 | 13 | 12 | 67 | Darmo Harapan I |
| 456 | 13 | 14 | 67 | Darmo Harapan I |
| 457 | 14 | 13 | 67 | Darmo Harapan I |
| 458 | 13 | 7 | 68 | Raya Darmo Indah |
| 459 | 7 | 13 | 68 | Raya Darmo Indah |
| 460 | 7 | 8 | 68 | Raya Darmo Indah |
| 461 | 8 | 7 | 68 | Raya Darmo Indah |
| 462 | 8 | 9 | 68 | Raya Darmo Indah |
| 463 | 9 | 8 | 68 | Raya Darmo Indah |
| 464 | 17 | 33 | 71 | Raya Satelit Utara |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| <u>Kode</u> <u>Ruas</u> | <u>Node</u> <u>From</u> | <u>Node</u> <u>To</u> | <u>Kode</u> <u>Jalan</u> | <u>Nama Jalan</u> |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 465 | 33 | 17 | 71 | Raya Satelit Utara |
| 466 | 17 | 14 | 70 | Darmo Indah Selatan |
| 467 | 14 | 17 | 70 | Darmo Indah Selatan |
| 468 | 14 | 8 | 70 | Darmo Indah Selatan |
| 469 | 8 | 14 | 70 | Darmo Indah Selatan |
| 470 | 8 | 4 | 70 | Darmo Indah Selatan |
| 471 | 4 | 8 | 70 | Darmo Indah Selatan |
| 472 | 4 | 5 | 69 | Balongsari Tama |
| 473 | 5 | 4 | 69 | Balongsari Tama |
| 474 | 44 | 55 | 73 | Sukomanunggal |
| 475 | 55 | 44 | 73 | Sukomanunggal |
| 476 | 55 | 57 | 73 | Sukomanunggal |
| 477 | 57 | 55 | 73 | Sukomanunggal |
| 478 | 99 | 85 | 50 | Raya Dukuh Kupang Barat |
| 479 | 85 | 99 | 50 | Raya Dukuh Kupang Barat |
| 480 | 99 | 113 | 81 | Simogunung |
| 481 | 113 | 99 | 81 | Simogunung |
| 482 | 113 | 116 | 167 | Simogunung I |
| 483 | 116 | 113 | 167 | Simogunung I |
| 484 | 152 | 162 | 85 | Putat Jaya Barat |
| 485 | 162 | 152 | 85 | Putat Jaya Barat |
| 486 | 162 | 131 | 85 | Putat Jaya Barat |
| 487 | 131 | 162 | 85 | Putat Jaya Barat |
| 488 | 131 | 134 | 85 | Putat Jaya Barat |
| 489 | 134 | 131 | 85 | Putat Jaya Barat |
| 490 | 198 | 173 | 82 | Banyu Urip |
| 491 | 173 | 198 | 82 | Banyu Urip |
| 492 | 173 | 134 | 82 | Banyu Urip |
| 493 | 134 | 173 | 82 | Banyu Urip |
| 494 | 134 | 113 | 82 | Banyu Urip |
| 495 | 113 | 134 | 82 | Banyu Urip |
| 496 | 113 | 100 | 82 | Banyu Urip |
| 497 | 100 | 113 | 82 | Banyu Urip |
| 498 | 100 | 80 | 82 | Banyu Urip |
| 499 | 80 | 100 | 82 | Banyu Urip |
| 500 | 80 | 68 | 74 | Tandes |
| 501 | 68 | 80 | 74 | Tandes |
| 502 | 68 | 57 | 74 | Tandes |
| 503 | 57 | 68 | 74 | Tandes |
| 504 | 57 | 48 | 74 | Tandes |
| 505 | 48 | 57 | 74 | Tandes |
| 506 | 48 | 37 | 74 | Tandes |
| 507 | 37 | 48 | 74 | Tandes |
| 508 | 37 | 36 | 74 | Tandes |
| 509 | 36 | 37 | 74 | Tandes |
| 510 | 36 | 25 | 74 | Tandes |
| 511 | 25 | 36 | 74 | Tandes |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode | Node | Node | Kode | Nama Jalan |
|------|------|------|-------|---------------|
| Ruas | From | To | Jalan | |
| 512 | 25 | 20 | 74 | Tandes |
| 513 | 20 | 25 | 74 | Tandes |
| 514 | 20 | 9 | 74 | Tandes |
| 515 | 9 | 20 | 74 | Tandes |
| 516 | 9 | 6 | 74 | Tandes |
| 517 | 6 | 9 | 74 | Tandes |
| 518 | 6 | 5 | 74 | Tandes |
| 519 | 5 | 6 | 74 | Tandes |
| 520 | 5 | 3 | 74 | Tandes |
| 521 | 3 | 5 | 74 | Tandes |
| 522 | 3 | 2 | 74 | Tandes |
| 523 | 2 | 3 | 74 | Tandes |
| 524 | 2 | 1 | 74 | Tandes |
| 525 | 1 | 2 | 74 | Tandes |
| 526 | 25 | 60 | 75 | Tanjung Sari |
| 527 | 60 | 25 | 75 | Tanjung Sari |
| 528 | 60 | 82 | 75 | Tanjung Sari |
| 529 | 82 | 60 | 75 | Tanjung Sari |
| 530 | 82 | 84 | 75 | Tanjung Sari |
| 531 | 84 | 82 | 75 | Tanjung Sari |
| 532 | 84 | 95 | 76 | Simorejo II |
| 533 | 95 | 84 | 76 | Simorejo II |
| 534 | 95 | 106 | 76 | Simorejo II |
| 535 | 106 | 95 | 76 | Simorejo II |
| 536 | 106 | 102 | 78 | Simorejo |
| 537 | 102 | 106 | 78 | Simorejo |
| 538 | 102 | 97 | 78 | Simorejo |
| 539 | 97 | 102 | 78 | Simorejo |
| 540 | 97 | 111 | 78 | Simorejo |
| 541 | 111 | 97 | 78 | Simorejo |
| 542 | 88 | 108 | 79 | Simomulyo |
| 543 | 108 | 88 | 79 | Simomulyo |
| 544 | 108 | 111 | 79 | Simomulyo |
| 545 | 111 | 108 | 79 | Simomulyo |
| 546 | 111 | 115 | 79 | Simomulyo |
| 547 | 115 | 111 | 79 | Simomulyo |
| 548 | 115 | 119 | 79 | Simomulyo |
| 549 | 119 | 115 | 79 | Simomulyo |
| 550 | 119 | 136 | 79 | Simomulyo |
| 551 | 136 | 119 | 79 | Simomulyo |
| 552 | 108 | 116 | 105 | Petemon Barat |
| 553 | 116 | 108 | 105 | Petemon Barat |
| 554 | 116 | 138 | 105 | Petemon Barat |
| 555 | 138 | 116 | 105 | Petemon Barat |
| 556 | 138 | 175 | 105 | Petemon Barat |
| 557 | 175 | 138 | 105 | Petemon Barat |
| 558 | 175 | 212 | 102 | Petemon Timur |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| <u>Kode</u> <u>Ruas</u> | <u>Node</u> <u>From</u> | <u>Node</u> <u>To</u> | <u>Kode</u> <u>Jalan</u> | <u>Nama Jalan</u> |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 559 | 212 | 175 | 102 | Petemon Timur |
| 560 | 142 | 139 | 108 | Pacuan Kuda |
| 561 | 139 | 142 | 108 | Pacuan Kuda |
| 562 | 139 | 136 | 108 | Pacuan Kuda |
| 563 | 136 | 139 | 108 | Pacuan Kuda |
| 564 | 136 | 135 | 108 | Pacuan Kuda |
| 565 | 135 | 136 | 108 | Pacuan Kuda |
| 566 | 135 | 143 | 110 | Bukit Barisan |
| 567 | 143 | 135 | 110 | Petemon I |
| 568 | 143 | 166 | 110 | Petemon I |
| 569 | 166 | 143 | 110 | Petemon I |
| 570 | 166 | 179 | 110 | Petemon I |
| 571 | 179 | 166 | 110 | Petemon I |
| 572 | 175 | 178 | 163 | Petemon Kali |
| 573 | 178 | 175 | 163 | Petemon Kali |
| 574 | 178 | 179 | 163 | Petemon Kali |
| 575 | 179 | 178 | 163 | Petemon Kali |
| 576 | 179 | 181 | 163 | Petemon Kali |
| 577 | 181 | 179 | 163 | Petemon Kali |
| 578 | 310 | 317 | 118 | Tunjungan |
| 579 | 304 | 322 | 87 | Jagir Wonokromo |
| 580 | 322 | 376 | 87 | Jagir Wonokromo |
| 581 | 376 | 322 | 87 | Jagir Wonokromo |
| 582 | 299 | 322 | 86 | Stasiun Wonokromo |
| 583 | 322 | 299 | 86 | Stasiun Wonokromo |
| 584 | 280 | 295 | 130 | Tembaan |
| 585 | 181 | 186 | 111 | Kawi |
| 586 | 186 | 181 | 111 | Kawi |
| 587 | 139 | 171 | 109 | Bukit Barisan |
| 588 | 171 | 139 | 109 | Bukit Barisan |
| 589 | 171 | 186 | 109 | Bukit Barisan |
| 590 | 186 | 171 | 109 | Bukit Barisan |
| 591 | 186 | 200 | 109 | Bukit Barisan |
| 592 | 200 | 186 | 109 | Bukit Barisan |
| 593 | 186 | 188 | 112 | Tentara Pelajar |
| 594 | 188 | 186 | 112 | Tentara Pelajar |
| 595 | 188 | 190 | 112 | Tentara Pelajar |
| 596 | 190 | 188 | 112 | Tentara Pelajar |
| 597 | 190 | 191 | 112 | Tentara Pelajar |
| 598 | 191 | 190 | 112 | Tentara Pelajar |
| 599 | 249 | 405 | 106 | Tidar |
| 600 | 405 | 249 | 106 | Tidar |
| 601 | 405 | 205 | 106 | Tidar |
| 602 | 205 | 405 | 106 | Tidar |
| 603 | 205 | 406 | 106 | Tidar |
| 604 | 406 | 205 | 106 | Tidar |
| 605 | 406 | 190 | 106 | Tidar |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|-----------------|
| 606 | 190 | 406 | 106 | Tidar |
| 607 | 190 | 146 | 106 | Tidar |
| 608 | 146 | 190 | 106 | Tidar |
| 609 | 146 | 142 | 106 | Tidar |
| 610 | 142 | 146 | 106 | Tidar |
| 611 | 146 | 148 | 164 | Tembok Buntaran |
| 612 | 148 | 146 | 164 | Tembok Buntaran |
| 613 | 178 | 207 | 103 | Kedung Anyar |
| 614 | 207 | 178 | 103 | Kedung Anyar |
| 615 | 198 | 387 | 100 | Pasar Kembang |
| 616 | 387 | 212 | 100 | Pasar Kembang |
| 617 | 212 | 216 | 100 | Pasar Kembang |
| 618 | 216 | 387 | 100 | Pasar Kembang |
| 619 | 387 | 203 | 100 | Pasar Kembang |
| 620 | 203 | 198 | 100 | Pasar Kembang |
| 621 | 216 | 393 | 104 | Arjuna |
| 622 | 393 | 216 | 104 | Arjuna |
| 623 | 393 | 207 | 104 | Arjuna |
| 624 | 207 | 393 | 104 | Arjuna |
| 625 | 207 | 197 | 104 | Arjuna |
| 626 | 197 | 207 | 104 | Arjuna |
| 627 | 197 | 394 | 104 | Arjuna |
| 628 | 394 | 197 | 104 | Arjuna |
| 629 | 394 | 200 | 104 | Arjuna |
| 630 | 200 | 395 | 104 | Arjuna |
| 631 | 395 | 394 | 104 | Arjuna |
| 632 | 395 | 204 | 104 | Arjuna |
| 633 | 204 | 395 | 104 | Arjuna |
| 634 | 204 | 205 | 104 | Arjuna |
| 635 | 205 | 204 | 104 | Arjuna |
| 636 | 205 | 206 | 104 | Arjuna |
| 637 | 206 | 205 | 104 | Arjuna |
| 638 | 206 | 407 | 121 | Semarang |
| 639 | 407 | 206 | 121 | Semarang |
| 640 | 407 | 224 | 121 | Semarang |
| 641 | 224 | 407 | 121 | Semarang |
| 642 | 224 | 237 | 121 | Semarang |
| 643 | 237 | 224 | 121 | Semarang |
| 644 | 237 | 242 | 121 | Semarang |
| 645 | 242 | 237 | 121 | Semarang |
| 646 | 242 | 259 | 121 | Semarang |
| 647 | 259 | 242 | 121 | Semarang |
| 648 | 95 | 98 | 77 | Dupak Rukun |
| 649 | 98 | 95 | 77 | Dupak Rukun |
| 650 | 98 | 103 | 77 | Dupak Rukun |
| 651 | 103 | 98 | 77 | Dupak Rukun |
| 652 | 103 | 126 | 77 | Dupak Rukun |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|--------------|
| 653 | 126 | 103 | 77 | Dupak Rukun |
| 654 | 98 | 120 | 80 | Asem Raya |
| 655 | 120 | 98 | 80 | Asem Raya |
| 656 | 120 | 130 | 80 | Asem Raya |
| 657 | 130 | 120 | 80 | Asem Raya |
| 658 | 130 | 148 | 113 | Kali Butuh |
| 659 | 148 | 130 | 113 | Kali Butuh |
| 660 | 148 | 161 | 113 | Kali Butuh |
| 661 | 161 | 148 | 113 | Kali Butuh |
| 662 | 161 | 191 | 113 | Kali Butuh |
| 663 | 191 | 161 | 113 | Kali Butuh |
| 664 | 191 | 206 | 113 | Kali Butuh |
| 665 | 206 | 191 | 113 | Kali Butuh |
| 666 | 161 | 398 | 146 | Demak |
| 667 | 398 | 161 | 146 | Demak |
| 668 | 398 | 396 | 146 | Demak |
| 669 | 396 | 398 | 146 | Demak |
| 670 | 396 | 160 | 146 | Demak |
| 671 | 160 | 396 | 146 | Demak |
| 672 | 160 | 153 | 146 | Demak |
| 673 | 153 | 160 | 146 | Demak |
| 674 | 153 | 150 | 146 | Demak |
| 675 | 150 | 153 | 146 | Demak |
| 676 | 150 | 158 | 146 | Demak |
| 677 | 158 | 150 | 146 | Demak |
| 678 | 202 | 184 | 161 | Gresik |
| 679 | 184 | 158 | 161 | Gresik |
| 680 | 158 | 184 | 161 | Gresik |
| 681 | 184 | 182 | 162 | Ikan Kakap |
| 682 | 182 | 202 | 162 | Ikan Kakap |
| 683 | 126 | 133 | 120 | Dupak |
| 684 | 133 | 126 | 120 | Dupak |
| 685 | 133 | 397 | 120 | Dupak |
| 686 | 397 | 133 | 120 | Dupak |
| 687 | 397 | 160 | 120 | Dupak |
| 688 | 160 | 397 | 120 | Dupak |
| 689 | 160 | 223 | 120 | Dupak |
| 690 | 223 | 160 | 120 | Dupak |
| 691 | 223 | 259 | 120 | Dupak |
| 692 | 259 | 223 | 120 | Dupak |
| 693 | 259 | 280 | 130 | Tembaan |
| 694 | 280 | 259 | 130 | Tembaan |
| 695 | 259 | 271 | 155 | Pasar Turi |
| 696 | 271 | 259 | 155 | Pasar Turi |
| 697 | 271 | 282 | 155 | Pasar Turi |
| 698 | 282 | 271 | 155 | Pasar Turi |
| 699 | 230 | 201 | 158 | Parangkusumo |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|----------------|
| 700 | 201 | 230 | 158 | Parangkusumo |
| 701 | 201 | 176 | 158 | Parangkusumo |
| 702 | 176 | 201 | 158 | Parangkusumo |
| 703 | 176 | 153 | 159 | Rembang |
| 704 | 153 | 176 | 159 | Rembang |
| 705 | 253 | 215 | 157 | Sidoluhur |
| 706 | 215 | 253 | 157 | Sidoluhur |
| 707 | 215 | 201 | 157 | Sidoluhur |
| 708 | 201 | 215 | 157 | Sidoluhur |
| 709 | 292 | 283 | 156 | Indrapura |
| 710 | 283 | 292 | 156 | Indrapura |
| 711 | 283 | 253 | 156 | Indrapura |
| 712 | 253 | 230 | 156 | Indrapura |
| 713 | 230 | 217 | 156 | Indrapura |
| 714 | 260 | 265 | 126 | Bubutan |
| 715 | 265 | 270 | 126 | Bubutan |
| 716 | 270 | 274 | 126 | Bubutan |
| 717 | 274 | 280 | 126 | Bubutan |
| 718 | 280 | 282 | 126 | Bubutan |
| 719 | 282 | 283 | 126 | Bubutan |
| 720 | 217 | 202 | 154 | Rajawali |
| 721 | 202 | 217 | 154 | Rajawali |
| 722 | 217 | 288 | 154 | Rajawali |
| 723 | 288 | 348 | 153 | Kembang Jepun |
| 724 | 288 | 292 | 160 | Jembatan Merah |
| 725 | 292 | 293 | 128 | Pahlawan |
| 726 | 293 | 295 | 128 | Pahlawan |
| 727 | 295 | 277 | 128 | Pahlawan |
| 728 | 295 | 297 | 129 | Kramat Gantung |
| 729 | 297 | 277 | 129 | Kramat Gantung |
| 730 | 277 | 287 | 129 | Kramat Gantung |
| 731 | 277 | 267 | 127 | Baliwerti |
| 732 | 206 | 260 | 114 | Kranggan |
| 733 | 260 | 206 | 114 | Kranggan |
| 734 | 260 | 287 | 119 | Praban |
| 735 | 287 | 267 | 119 | Praban |
| 736 | 267 | 260 | 119 | Praban |
| 737 | 224 | 246 | 122 | Pringgading |
| 738 | 246 | 224 | 122 | Pringgading |
| 739 | 246 | 265 | 122 | Pringgading |
| 740 | 265 | 246 | 122 | Pringgading |
| 741 | 246 | 255 | 125 | Projo Pengerat |
| 742 | 255 | 246 | 125 | Projo Pengerat |
| 743 | 255 | 262 | 125 | Projo Pengerat |
| 744 | 262 | 255 | 125 | Projo Pengerat |
| 745 | 237 | 255 | 123 | Raden Saleh |
| 746 | 255 | 237 | 123 | Raden Saleh |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|-------------------|
| 747 | 255 | 270 | 123 | Raden Saleh |
| 748 | 270 | 255 | 123 | Raden Saleh |
| 749 | 242 | 262 | 124 | Penghela |
| 750 | 262 | 242 | 124 | Penghela |
| 751 | 262 | 274 | 124 | Penghela |
| 752 | 274 | 262 | 124 | Penghela |
| 753 | 292 | 309 | 166 | Stasiun Kota |
| 754 | 309 | 292 | 166 | Stasiun Kota |
| 755 | 309 | 358 | 166 | Stasiun Kota |
| 756 | 358 | 309 | 166 | Stasiun Kota |
| 757 | 348 | 358 | 152 | Gembong Bungkukan |
| 758 | 358 | 348 | 152 | Gembong Bungkukan |
| 759 | 358 | 366 | 152 | Gembong Bungkukan |
| 760 | 366 | 358 | 152 | Gembong Bungkukan |
| 761 | 366 | 364 | 152 | Gembong Bungkukan |
| 762 | 364 | 366 | 152 | Gembong Bungkukan |
| 763 | 364 | 399 | 151 | Pecindilan |
| 764 | 399 | 364 | 151 | Pecindilan |
| 765 | 399 | 357 | 151 | Pecindilan |
| 766 | 357 | 399 | 151 | Pecindilan |
| 767 | 357 | 403 | 143 | Undaan Wetan |
| 768 | 403 | 335 | 143 | Undaan Wetan |
| 769 | 330 | 335 | 142 | Undaan Kulon |
| 770 | 335 | 349 | 142 | Undaan Kulon |
| 771 | 349 | 403 | 142 | Undaan Kulon |
| 772 | 403 | 357 | 142 | Undaan Kulon |
| 773 | 357 | 334 | 147 | Jagalan |
| 774 | 334 | 295 | 131 | Pasar Besar |
| 775 | 335 | 302 | 150 | Ahmad Jais |
| 776 | 302 | 335 | 150 | Ahmad Jais |
| 777 | 302 | 291 | 150 | Ahmad Jais |
| 778 | 391 | 302 | 150 | Ahmad Jais |
| 779 | 291 | 306 | 150 | Ahmad Jais |
| 780 | 306 | 291 | 150 | Ahmad Jais |
| 781 | 306 | 326 | 148 | Peneleh |
| 782 | 326 | 306 | 148 | Peneleh |
| 783 | 326 | 334 | 148 | Peneleh |
| 784 | 334 | 326 | 148 | Peneleh |
| 785 | 306 | 332 | 149 | Makam Peneleh |
| 786 | 332 | 306 | 149 | Makam Peneleh |
| 787 | 332 | 340 | 149 | Makam Peneleh |
| 788 | 340 | 332 | 149 | Makam Peneleh |
| 789 | 340 | 349 | 149 | Makam Peneleh |
| 790 | 349 | 340 | 149 | Makam Peneleh |
| 791 | 335 | 342 | 144 | Ambengan |
| 792 | 342 | 335 | 144 | Ambengan |
| 793 | 342 | 365 | 144 | Ambengan |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode | Node | Node | Kode | Nama Jalan |
|------|------|------|-------|---------------------|
| Ruas | From | To | Jalan | |
| 794 | 365 | 342 | 144 | Ambengan |
| 795 | 360 | 408 | 145 | Jaksa Agung Suprpto |
| 796 | 408 | 360 | 145 | Jaksa Agung Suprpto |
| 797 | 408 | 365 | 145 | Jaksa Agung Suprpto |
| 798 | 365 | 408 | 145 | Jaksa Agung Suprpto |
| 799 | 356 | 363 | 133 | Yos Sudarso |
| 800 | 338 | 360 | 138 | Walikota Mustajab |
| 801 | 360 | 338 | 138 | Walikota Mustajab |
| 802 | 360 | 363 | 138 | Walikota Mustajab |
| 803 | 363 | 360 | 138 | Walikota Mustajab |
| 804 | 363 | 372 | 138 | Walikota Mustajab |
| 805 | 372 | 375 | 138 | Walikota Mustajab |
| 806 | 375 | 374 | 138 | Walikota Mustajab |
| 807 | 373 | 356 | 132 | Gubernur Suryo |
| 808 | 317 | 328 | 132 | Gubernur Suryo |
| 809 | 328 | 356 | 132 | Gubernur Suryo |
| 810 | 296 | 338 | 139 | Gang Besar |
| 811 | 338 | 343 | 141 | Genteng Kali |
| 812 | 343 | 330 | 141 | Genteng Kali |
| 813 | 330 | 409 | 141 | Genteng Kali |
| 814 | 295 | 280 | 130 | Tembaan |
| 815 | 409 | 330 | 141 | Genteng Kali |
| 816 | 409 | 287 | 141 | Genteng Kali |
| 817 | 287 | 409 | 141 | Genteng Kali |
| 818 | 287 | 296 | 118 | Tunjungan |
| 819 | 296 | 310 | 118 | Tunjungan |
| 820 | 310 | 249 | 117 | Embong Malang |
| 821 | 249 | 260 | 115 | Blauran |
| 822 | 328 | 338 | 140 | Simpang Dukuh |
| 823 | 244 | 204 | 107 | Anjasmoro |
| 824 | 204 | 244 | 107 | Anjasmoro |
| 825 | 356 | 350 | 134 | Panglima Sudirman |
| 826 | 350 | 344 | 134 | Panglima Sudirman |
| 827 | 344 | 336 | 134 | Panglima Sudirman |
| 828 | 336 | 323 | 116 | Basuki Rahmat |
| 829 | 323 | 321 | 116 | Basuki Rahmat |
| 830 | 321 | 320 | 116 | Basuki Rahmat |
| 831 | 320 | 317 | 116 | Basuki Rahmat |
| 832 | 317 | 310 | 116 | Basuki Rahmat |
| 833 | 350 | 321 | 135 | Gayam |
| 834 | 323 | 311 | 136 | Pol. M Duryat |
| 835 | 311 | 323 | 136 | Pol. M Duryat |
| 836 | 311 | 266 | 136 | Pol. M Duryat |
| 837 | 266 | 311 | 136 | Pol. M Duryat |
| 838 | 266 | 255 | 137 | Kedung Sari |
| 839 | 255 | 266 | 137 | Kedung Sari |
| 840 | 216 | 225 | 101 | Kedung Doro |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| <u>Kode_</u> | <u>Node_</u> | <u>Node_</u> | <u>Kode_</u> | Nama Jalan |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| <u>Ruas</u> | <u>From</u> | <u>To</u> | <u>Jalan</u> | |
| 841 | 225 | 216 | 101 | Kedung Doro |
| 842 | 225 | 240 | 101 | Kedung Doro |
| 843 | 240 | 225 | 101 | Kedung Doro |
| 844 | 240 | 388 | 101 | Kedung Doro |
| 845 | 388 | 240 | 101 | Kedung Doro |
| 846 | 388 | 244 | 101 | Kedung Doro |
| 847 | 244 | 388 | 101 | Kedung Doro |
| 848 | 244 | 249 | 101 | Kedung Doro |
| 849 | 249 | 244 | 101 | Kedung Doro |
| 850 | 324 | 325 | 96 | Urip Sumoharjo |
| 851 | 325 | 327 | 96 | Urip Sumoharjo |
| 852 | 327 | 324 | 96 | Urip Sumoharjo |
| 853 | 327 | 329 | 96 | Urip Sumoharjo |
| 854 | 329 | 331 | 96 | Urip Sumoharjo |
| 855 | 331 | 327 | 96 | Urip Sumoharjo |
| 856 | 331 | 336 | 96 | Urip Sumoharjo |
| 857 | 336 | 331 | 96 | Urip Sumoharjo |
| 858 | 324 | 337 | 89 | Polisi Istimewa |
| 859 | 337 | 385 | 89 | Polisi Istimewa |
| 860 | 385 | 324 | 89 | Polisi Istimewa |
| 861 | 385 | 354 | 89 | Polisi Istimewa |
| 862 | 354 | 385 | 89 | Polisi Istimewa |
| 863 | 327 | 300 | 99 | RA. Kartini |
| 864 | 300 | 275 | 99 | RA. Kartini |
| 865 | 275 | 300 | 99 | RA. Kartini |
| 866 | 275 | 241 | 99 | RA. Kartini |
| 867 | 241 | 275 | 99 | RA. Kartini |
| 868 | 241 | 219 | 99 | RA. Kartini |
| 869 | 219 | 241 | 99 | RA. Kartini |
| 870 | 301 | 329 | 165 | Cokroaminoto |
| 871 | 300 | 301 | 170 | Teuku Umar |
| 872 | 301 | 300 | 170 | Teuku Umar |
| 873 | 301 | 303 | 170 | Teuku Umar |
| 874 | 303 | 301 | 170 | Teuku Umar |
| 875 | 331 | 303 | 98 | Pandegiling |
| 876 | 303 | 331 | 98 | Pandegiling |
| 877 | 303 | 281 | 98 | Pandegiling |
| 878 | 281 | 303 | 98 | Pandegiling |
| 879 | 281 | 203 | 98 | Pandegiling |
| 880 | 203 | 281 | 98 | Pandegiling |
| 881 | 331 | 351 | 97 | Keputran |
| 882 | 351 | 331 | 97 | Keputran |
| 883 | 351 | 359 | 97 | Keputran |
| 884 | 359 | 351 | 97 | Keputran |
| 885 | 322 | 345 | 88 | Ngagel |
| 886 | 345 | 322 | 88 | Ngagel |
| 887 | 345 | 346 | 88 | Ngagel |

A. Data Jaringan jalan di Surabaya

| Kode_ Ruas | Node_ From | Node_ To | Kode_ Jalan | Nama Jalan |
|---------------|---------------|-------------|----------------|------------|
| 888 | 346 | 245 | 88 | Ngagel |
| 889 | 346 | 353 | 88 | Ngagel |
| 890 | 353 | 346 | 88 | Ngagel |
| 891 | 353 | 361 | 88 | Ngagel |
| 892 | 361 | 353 | 88 | Ngagel |
| 893 | 361 | 369 | 88 | Ngagel |
| 894 | 369 | 361 | 88 | Ngagel |
| 895 | 369 | 371 | 88 | Ngagel |
| 896 | 371 | 369 | 88 | Ngagel |
| 897 | 371 | 370 | 88 | Ngagel |
| 898 | 370 | 371 | 88 | Ngagel |
| 899 | 370 | 359 | 88 | Ngagel |
| 900 | 359 | 370 | 88 | Ngagel |
| 901 | 351 | 354 | 94 | Dinoyo |
| 902 | 354 | 351 | 94 | Dinoyo |
| 903 | 354 | 367 | 94 | Dinoyo |
| 904 | 367 | 354 | 94 | Dinoyo |
| 905 | 367 | 368 | 94 | Dinoyo |
| 906 | 368 | 367 | 94 | Dinoyo |
| 907 | 368 | 355 | 94 | Dinoyo |
| 908 | 355 | 368 | 94 | Dinoyo |
| 909 | 355 | 361 | 94 | Dinoyo |
| 910 | 361 | 355 | 94 | Dinoyo |
| 911 | 314 | 347 | 93 | Bengawan |
| 912 | 314 | 347 | 93 | Bengawan |
| 913 | 313 | 341 | 92 | Progo |
| 914 | 341 | 313 | 92 | Progo |
| 915 | 315 | 339 | 91 | Juwono |
| 916 | 339 | 315 | 91 | Juwono |
| 917 | 355 | 347 | 83 | Darmo Kali |
| 918 | 347 | 355 | 83 | Darmo Kali |
| 919 | 347 | 341 | 83 | Darmo Kali |
| 920 | 341 | 347 | 83 | Darmo Kali |
| 921 | 341 | 339 | 83 | Darmo Kali |
| 922 | 339 | 341 | 83 | Darmo Kali |
| 923 | 339 | 333 | 83 | Darmo Kali |
| 924 | 333 | 339 | 83 | Darmo Kali |
| 925 | 333 | 319 | 83 | Darmo Kali |
| 926 | 319 | 333 | 83 | Darmo Kali |
| 927 | 319 | 305 | 83 | Darmo Kali |
| 928 | 305 | 319 | 83 | Darmo Kali |

B. Karakteristik Ruas Jalan Surabaya

| Kode_ | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|-------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 1 | 2.1015272 | 1011 | 962 | 56.5 |
| 2 | 2.1015272 | 1014 | 962 | 56.5 |
| 3 | 0.3856929 | 4382 | 4000 | 40 |
| 4 | 0.3856929 | 4382 | 3422 | 40 |
| 5 | 0.7958252 | 2124 | 1658 | 40 |
| 6 | 0.7958252 | 2124 | 1658 | 40 |
| 7 | 0.4301281 | 3930 | 3068 | 40 |
| 8 | 0.4301281 | 3930 | 3068 | 40 |
| 9 | 1.1688458 | 1822 | 1730 | 56.5 |
| 10 | 1.1688458 | 1822 | 1730 | 56.5 |
| 11 | 0.4786694 | 4675 | 4224 | 57.8 |
| 12 | 0.5578447 | 3818 | 3625 | 57.8 |
| 13 | 0.3682297 | 5784 | 5491 | 57.8 |
| 14 | 0.1056195 | 20167 | 19144 | 57.8 |
| 15 | 1.2992554 | 1639 | 1556 | 57.8 |
| 16 | 0.6552817 | 3251 | 3086 | 57.8 |
| 17 | 0.6552817 | 3251 | 3086 | 57.8 |
| 18 | 0.244266 | 8720 | 8278 | 57.8 |
| 19 | 0.0611755 | 34818 | 33052 | 57.8 |
| 20 | 0.3053636 | 6975 | 6622 | 57.8 |
| 21 | 0.3997919 | 5328 | 5058 | 57.8 |
| 22 | 0.2864912 | 7435 | 7058 | 57.8 |
| 23 | 0.3161118 | 6738 | 6396 | 57.8 |
| 24 | 0.3379633 | 6302 | 5983 | 57.8 |
| 25 | 0.8223246 | 2590 | 2459 | 57.8 |
| 26 | 0.8223246 | 2590 | 2459 | 57.8 |
| 27 | 1.1028258 | 1931 | 1833 | 57.8 |
| 28 | 1.3278142 | 1604 | 1523 | 57.8 |
| 29 | 0.2249891 | 9467 | 8987 | 57.8 |
| 30 | 0.3795397 | 5612 | 5328 | 56.5 |
| 31 | 0.3795397 | 5612 | 5328 | 56.5 |
| 32 | 0.1551749 | 13726 | 13030 | 56.5 |
| 33 | 0.1551749 | 13726 | 13030 | 56.5 |
| 34 | 0.3552717 | 5995 | 5691 | 56.5 |
| 35 | 0.3552717 | 5995 | 5691 | 56.5 |
| 36 | 0.8015309 | 2657 | 2523 | 56.5 |
| 37 | 0.8015309 | 2657 | 2523 | 56.5 |
| 38 | 0.2170573 | 9813 | 9316 | 56.5 |
| 39 | 0.2170573 | 9813 | 9316 | 56.5 |
| 40 | 0.2170573 | 9813 | 9316 | 56.5 |
| 41 | 0.5235843 | 4068 | 3862 | 40 |
| 42 | 0.5235843 | 4068 | 3862 | 40 |
| 43 | 0.3665304 | 5811 | 5517 | 40 |
| 44 | 0.6083501 | 3501 | 3324 | 40 |
| 45 | 0.6083501 | 3501 | 3324 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode Ruas | Panjang (km) | Vol _{max} (q _{max}) | Volume (q) | Kecepatan Arus Bebas |
|-----------|--------------|---|---------------|-------------------------|
| 46 | 0.5293922 | 4023 | 3819 | 40 |
| 47 | 0.5293922 | 4023 | 3819 | 40 |
| 48 | 0.1934098 | 11013 | 10454 | 40 |
| 49 | 0.1934098 | 11013 | 10454 | 40 |
| 50 | 0.5088353 | 4186 | 3974 | 40 |
| 51 | 0.5088353 | 4186 | 3974 | 40 |
| 52 | 0.6551081 | 3251 | 3087 | 40 |
| 53 | 0.6551081 | 3251 | 3087 | 40 |
| 54 | 0.7505572 | 2838 | 2694 | 40 |
| 55 | 0.7505572 | 2838 | 2694 | 40 |
| 56 | 0.3469011 | 6140 | 5829 | 40 |
| 57 | 0.3469011 | 6140 | 5829 | 40 |
| 58 | 0.1288772 | 13115 | 10241 | 40 |
| 59 | 0.1288772 | 13115 | 10241 | 40 |
| 60 | 0.9677898 | 1747 | 1364 | 40 |
| 61 | 0.9677898 | 1747 | 1364 | 40 |
| 62 | 1.3328918 | 1268 | 990 | 40 |
| 63 | 1.3328918 | 1268 | 990 | 40 |
| 64 | 1.0399745 | 1625 | 1269 | 40 |
| 65 | 1.0399745 | 1625 | 1269 | 40 |
| 66 | 0.7956555 | 2124 | 1659 | 40 |
| 67 | 0.7956555 | 2124 | 1659 | 40 |
| 68 | 0.2460108 | 6871 | 5365 | 40 |
| 69 | 0.2460108 | 6871 | 5365 | 40 |
| 70 | 0.5092729 | 3319 | 2592 | 40 |
| 71 | 0.5092729 | 3319 | 2592 | 40 |
| 72 | 0.3582203 | 4719 | 3684 | 40 |
| 73 | 0.3582203 | 4719 | 3684 | 40 |
| 74 | 0.5583383 | 3027 | 2364 | 40 |
| 75 | 0.5583383 | 3027 | 2364 | 40 |
| 76 | 0.6946978 | 2433 | 1900 | 40 |
| 77 | 0.6946978 | 2433 | 1900 | 40 |
| 78 | 0.4875587 | 3467 | 2707 | 40 |
| 79 | 0.4875587 | 3467 | 2707 | 40 |
| 80 | 0.58904 | 2870 | 2241 | 40 |
| 81 | 0.58904 | 2870 | 2241 | 40 |
| 82 | 1.3340115 | 1267 | 989 | 40 |
| 83 | 1.3340115 | 1267 | 989 | 40 |
| 84 | 0.1736336 | 9735 | 7601 | 40 |
| 85 | 0.1736336 | 9735 | 7601 | 40 |
| 86 | 0.2977434 | 5677 | 4433 | 40 |
| 87 | 0.2977434 | 5677 | 4433 | 40 |
| 88 | 0.8198846 | 2062 | 1610 | 40 |
| 89 | 0.8198846 | 2062 | 1610 | 40 |
| 90 | 0.2426072 | 6967 | 5440 | 40 |
| 91 | 0.2426072 | 6967 | 5440 | 40 |
| 92 | 0.3256903 | 6540 | 6208 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 46 | 0.5293922 | 4023 | 3819 | 40 |
| 47 | 0.5293922 | 4023 | 3819 | 40 |
| 48 | 0.1934098 | 11013 | 10454 | 40 |
| 49 | 0.1934098 | 11013 | 10454 | 40 |
| 50 | 0.5088353 | 4186 | 3974 | 40 |
| 51 | 0.5088353 | 4186 | 3974 | 40 |
| 52 | 0.6551081 | 3251 | 3087 | 40 |
| 53 | 0.6551081 | 3251 | 3087 | 40 |
| 54 | 0.7505572 | 2838 | 2694 | 40 |
| 55 | 0.7505572 | 2838 | 2694 | 40 |
| 56 | 0.3469011 | 6140 | 5829 | 40 |
| 57 | 0.3469011 | 6140 | 5829 | 40 |
| 58 | 0.1288772 | 13115 | 10241 | 40 |
| 59 | 0.1288772 | 13115 | 10241 | 40 |
| 60 | 0.9677898 | 1747 | 1364 | 40 |
| 61 | 0.9677898 | 1747 | 1364 | 40 |
| 62 | 1.3328918 | 1268 | 990 | 40 |
| 63 | 1.3328918 | 1268 | 990 | 40 |
| 64 | 1.0399745 | 1625 | 1269 | 40 |
| 65 | 1.0399745 | 1625 | 1269 | 40 |
| 66 | 0.7956555 | 2124 | 1659 | 40 |
| 67 | 0.7956555 | 2124 | 1659 | 40 |
| 68 | 0.2460108 | 6871 | 5365 | 40 |
| 69 | 0.2460108 | 6871 | 5365 | 40 |
| 70 | 0.5092729 | 3319 | 2592 | 40 |
| 71 | 0.5092729 | 3319 | 2592 | 40 |
| 72 | 0.3582203 | 4719 | 3684 | 40 |
| 73 | 0.3582203 | 4719 | 3684 | 40 |
| 74 | 0.5583383 | 3027 | 2364 | 40 |
| 75 | 0.5583383 | 3027 | 2364 | 40 |
| 76 | 0.6946978 | 2433 | 1900 | 40 |
| 77 | 0.6946978 | 2433 | 1900 | 40 |
| 78 | 0.4875587 | 3467 | 2707 | 40 |
| 79 | 0.4875587 | 3467 | 2707 | 40 |
| 80 | 0.58904 | 2870 | 2241 | 40 |
| 81 | 0.58904 | 2870 | 2241 | 40 |
| 82 | 1.3340115 | 1267 | 989 | 40 |
| 83 | 1.3340115 | 1267 | 989 | 40 |
| 84 | 0.1736336 | 9735 | 7601 | 40 |
| 85 | 0.1736336 | 9735 | 7601 | 40 |
| 86 | 0.2977434 | 5677 | 4433 | 40 |
| 87 | 0.2977434 | 5677 | 4433 | 40 |
| 88 | 0.8198846 | 2062 | 1610 | 40 |
| 89 | 0.8198846 | 2062 | 1610 | 40 |
| 90 | 0.2426072 | 6967 | 5440 | 40 |
| 91 | 0.2426072 | 6967 | 5440 | 40 |
| 92 | 0.3256903 | 6540 | 6208 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 93 | 0.3256903 | 6540 | 6208 | 40 |
| 94 | 0.3540002 | 6017 | 5712 | 40 |
| 95 | 0.3540002 | 6017 | 5712 | 40 |
| 96 | 0.4770838 | 4465 | 4238 | 40 |
| 97 | 0.4770838 | 4465 | 4238 | 40 |
| 98 | 0.2569997 | 6577 | 5135 | 40 |
| 99 | 0.2569997 | 6577 | 5135 | 40 |
| 100 | 0.2409985 | 7014 | 5476 | 40 |
| 101 | 0.2409985 | 7014 | 5476 | 40 |
| 102 | 0.2196421 | 7696 | 6009 | 40 |
| 103 | 0.2196421 | 7696 | 6009 | 40 |
| 104 | 0.3315991 | 5097 | 3980 | 40 |
| 105 | 0.3315991 | 5097 | 3980 | 40 |
| 106 | 0.2204647 | 7667 | 5986 | 40 |
| 107 | 0.2204647 | 7667 | 5986 | 40 |
| 108 | 2.1212312 | 797 | 622 | 40 |
| 109 | 2.1212312 | 797 | 622 | 40 |
| 110 | 0.5721217 | 2954 | 2307 | 64 |
| 111 | 0.5721217 | 2954 | 2307 | 64 |
| 112 | 0.2863797 | 5902 | 4609 | 64 |
| 113 | 0.2863797 | 5902 | 4609 | 64 |
| 114 | 0.6277049 | 2693 | 2103 | 64 |
| 115 | 0.6277049 | 2693 | 2103 | 64 |
| 116 | 0.3161128 | 5347 | 4175 | 64 |
| 117 | 0.3161128 | 5347 | 4175 | 64 |
| 118 | 0.2174963 | 7771 | 6068 | 64 |
| 119 | 0.2174963 | 7771 | 6068 | 64 |
| 120 | 0.91101 | 1855 | 1449 | 64 |
| 121 | 0.91101 | 1855 | 1449 | 64 |
| 122 | 1.4135728 | 1196 | 934 | 64 |
| 123 | 1.4135728 | 1196 | 934 | 64 |
| 124 | 1.1397131 | 1483 | 1158 | 64 |
| 125 | 1.1397131 | 1483 | 1158 | 64 |
| 126 | 0.5300654 | 3189 | 2490 | 64 |
| 127 | 0.5300654 | 3189 | 2490 | 64 |
| 128 | 0.4612818 | 4618 | 4383 | 79.5 |
| 129 | 0.4612818 | 4618 | 4383 | 79.5 |
| 130 | 0.4713065 | 4519 | 4290 | 79.5 |
| 131 | 0.4713065 | 4519 | 4290 | 79.5 |
| 132 | 0.2327252 | 9152 | 8688 | 79.5 |
| 133 | 0.2327252 | 9152 | 8688 | 79.5 |
| 134 | 0.2991855 | 7119 | 6758 | 79.5 |
| 135 | 0.2991855 | 7119 | 6758 | 79.5 |
| 136 | 0.3172564 | 6714 | 6373 | 79.5 |
| 137 | 0.3172564 | 6714 | 6373 | 79.5 |
| 138 | 0.7565146 | 2234 | 1745 | 40 |
| 139 | 0.7565146 | 2234 | 1745 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode Ruas | Panjang (km) | Vol _{max} (q _{max}) | Volume (q) | Kecepatan Arus Bebas |
|-----------|--------------|---|---------------|-------------------------|
| 140 | 0.2652906 | 6371 | 4975 | 40 |
| 141 | 0.2652906 | 6371 | 4975 | 40 |
| 142 | 0.1212181 | 13944 | 10888 | 40 |
| 143 | 0.1212181 | 13944 | 10888 | 40 |
| 144 | 0.3873364 | 4364 | 3407 | 40 |
| 145 | 0.3873364 | 4364 | 3407 | 40 |
| 146 | 0.2527768 | 6687 | 5221 | 40 |
| 147 | 0.2527768 | 6687 | 5221 | 40 |
| 148 | 0.223275 | 7570 | 5911 | 40 |
| 149 | 0.223275 | 7570 | 5911 | 40 |
| 150 | 0.2174649 | 7773 | 6069 | 40 |
| 151 | 0.2174649 | 7773 | 6069 | 40 |
| 152 | 0.2622625 | 8122 | 7710 | 40 |
| 153 | 0.2622625 | 8122 | 7710 | 40 |
| 154 | 0.3211491 | 6632 | 6296 | 40 |
| 155 | 0.3211491 | 6632 | 6296 | 40 |
| 156 | 0.3023534 | 7045 | 6688 | 40 |
| 157 | 0.3023534 | 7045 | 6688 | 40 |
| 158 | 0.2723035 | 6207 | 4847 | 40 |
| 159 | 0.2723035 | 6207 | 4847 | 40 |
| 160 | 0.5998424 | 3551 | 3371 | 40 |
| 161 | 0.5998424 | 3551 | 3371 | 40 |
| 162 | 0.1753354 | 9640 | 7527 | 40 |
| 163 | 0.1753354 | 9640 | 7527 | 40 |
| 164 | 0.5202666 | 3249 | 2537 | 40 |
| 165 | 0.5202666 | 3249 | 2537 | 40 |
| 166 | 0.339683 | 4976 | 3885 | 40 |
| 167 | 0.339683 | 4976 | 3885 | 40 |
| 168 | 0.3933417 | 4297 | 3355 | 40 |
| 169 | 0.3933417 | 4297 | 3355 | 40 |
| 170 | 0.1894365 | 8923 | 6967 | 40 |
| 171 | 0.1894365 | 8923 | 6967 | 40 |
| 172 | 0.2372691 | 7124 | 5562 | 52.25 |
| 173 | 0.2372691 | 7124 | 5562 | 52.25 |
| 174 | 0.3325106 | 5083 | 3969 | 52.25 |
| 175 | 0.3325106 | 5083 | 3969 | 52.25 |
| 176 | 0.3290234 | 6474 | 6145 | 61 |
| 177 | 0.3290234 | 6474 | 6145 | 61 |
| 178 | 0.1674088 | 12723 | 12078 | 61 |
| 179 | 0.1674088 | 12723 | 12078 | 61 |
| 180 | 0.3119137 | 6829 | 6483 | 61 |
| 181 | 0.3119137 | 6829 | 6483 | 61 |
| 182 | 0.3892354 | 5472 | 5195 | 61 |
| 183 | 0.3892354 | 5472 | 5195 | 61 |
| 184 | 0.3193497 | 6670 | 6332 | 61 |
| 185 | 0.3193497 | 6670 | 6332 | 61 |
| 186 | 0.3342643 | 5057 | 3948 | 53.5 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 187 | 0.3342643 | 5057 | 3948 | 53.5 |
| 188 | 0.3162536 | 5345 | 4173 | 53.5 |
| 189 | 0.3162536 | 5345 | 4173 | 53.5 |
| 190 | 0.3050439 | 5541 | 4327 | 53.5 |
| 191 | 0.3050439 | 5541 | 4327 | 53.5 |
| 192 | 0.3753311 | 4503 | 3516 | 53.5 |
| 193 | 0.3753311 | 4503 | 3516 | 53.5 |
| 194 | 0.4607125 | 3669 | 2865 | 53.5 |
| 195 | 0.4607125 | 3669 | 2865 | 53.5 |
| 196 | 0.1820577 | 11700 | 11106 | 53.5 |
| 197 | 0.4613301 | 4617 | 4383 | 53.5 |
| 198 | 0.6073486 | 3507 | 3329 | 53.5 |
| 199 | 0.4897385 | 4349 | 4129 | 53.5 |
| 200 | 0.4897385 | 4349 | 4129 | 53.5 |
| 201 | 0.0608974 | 34977 | 33203 | 53.5 |
| 202 | 0.0608974 | 34977 | 33203 | 53.5 |
| 203 | 0.2682824 | 7939 | 7537 | 53.5 |
| 204 | 0.2682824 | 7939 | 7537 | 53.5 |
| 205 | 0.1786644 | 11922 | 11317 | 53.5 |
| 206 | 0.1786644 | 11922 | 11317 | 53.5 |
| 207 | 0.3715861 | 5732 | 5442 | 53.5 |
| 208 | 0.3715861 | 5732 | 5442 | 53.5 |
| 209 | 1.8723107 | 903 | 705 | 64 |
| 210 | 1.8723107 | 903 | 705 | 64 |
| 211 | 0.729641 | 2317 | 1809 | 64 |
| 212 | 0.729641 | 2317 | 1809 | 64 |
| 213 | 0.0672339 | 25140 | 19630 | 40 |
| 214 | 0.0672339 | 25140 | 19630 | 40 |
| 215 | 1.2490489 | 1353 | 1057 | 40 |
| 216 | 1.2490489 | 1353 | 1057 | 40 |
| 217 | 0.1955147 | 8645 | 6750 | 40 |
| 218 | 0.1955147 | 8645 | 6750 | 40 |
| 219 | 0.5437355 | 3109 | 2427 | 40 |
| 220 | 0.5437355 | 3109 | 2427 | 40 |
| 221 | 0.4795378 | 3525 | 2752 | 40 |
| 222 | 0.4795378 | 3525 | 2752 | 40 |
| 223 | 0.1399166 | 12081 | 9433 | 40 |
| 224 | 0.1399166 | 12081 | 9433 | 40 |
| 225 | 0.0982213 | 17209 | 13437 | 40 |
| 226 | 0.0982213 | 17209 | 13437 | 40 |
| 227 | 0.1807688 | 9350 | 7301 | 40 |
| 228 | 0.1807688 | 9350 | 7301 | 40 |
| 229 | 0.3634323 | 4651 | 3631 | 40 |
| 230 | 0.3634323 | 4651 | 3631 | 40 |
| 231 | 0.195443 | 10898 | 10346 | 60 |
| 232 | 0.195443 | 10898 | 10346 | 60 |
| 233 | 0.8916009 | 2389 | 2268 | 60 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 234 | 0.8916009 | 2389 | 2268 | 60 |
| 235 | 0.109519 | 19449 | 18463 | 60 |
| 236 | 0.3534738 | 6026 | 5720 | 60 |
| 237 | 0.1926677 | 11055 | 10495 | 60 |
| 238 | 0.1926677 | 11055 | 10495 | 60 |
| 239 | 0.4623096 | 4607 | 4374 | 60 |
| 240 | 0.4800245 | 4437 | 4212 | 60 |
| 241 | 0.4800245 | 4437 | 4212 | 60 |
| 242 | 0.3976199 | 5357 | 5085 | 60 |
| 243 | 0.193569 | 11004 | 10446 | 60 |
| 244 | 0.2041006 | 10436 | 9907 | 60 |
| 245 | 0.1979605 | 8538 | 6667 | 40 |
| 246 | 0.2680333 | 6306 | 4924 | 40 |
| 247 | 1.0606466 | 1594 | 1244 | 40 |
| 248 | 1.0606466 | 1594 | 1244 | 40 |
| 249 | 0.3807505 | 4439 | 3466 | 40 |
| 250 | 0.3807505 | 4439 | 3466 | 40 |
| 251 | 0.2442612 | 6920 | 5403 | 40 |
| 252 | 0.2442612 | 6920 | 5403 | 40 |
| 253 | 0.1686084 | 10025 | 7828 | 40 |
| 254 | 0.1686084 | 10025 | 7828 | 40 |
| 255 | 0.3059422 | 5525 | 4314 | 40 |
| 256 | 0.3059422 | 5525 | 4314 | 40 |
| 257 | 0.4872853 | 3469 | 2708 | 40 |
| 258 | 0.4872853 | 3469 | 2708 | 40 |
| 259 | 0.416087 | 4062 | 3172 | 40 |
| 260 | 0.416087 | 4062 | 3172 | 40 |
| 261 | 0.4318264 | 3914 | 3056 | 40 |
| 262 | 0.4318264 | 3914 | 3056 | 40 |
| 263 | 0.3614049 | 4677 | 3652 | 40 |
| 264 | 0.3614049 | 4677 | 3652 | 40 |
| 265 | 0.2173361 | 7777 | 6073 | 40 |
| 266 | 0.2173361 | 7777 | 6073 | 40 |
| 267 | 0.0969499 | 17434 | 13613 | 40 |
| 268 | 0.0969499 | 17434 | 13613 | 40 |
| 269 | 0.4857934 | 3479 | 2717 | 40 |
| 270 | 0.4857934 | 3479 | 2717 | 40 |
| 271 | 0.1367434 | 12361 | 9652 | 40 |
| 272 | 0.1367434 | 12361 | 9652 | 40 |
| 273 | 0.3919851 | 4312 | 3367 | 40 |
| 274 | 0.3919851 | 4312 | 3367 | 40 |
| 275 | 0.2056745 | 8218 | 6417 | 40 |
| 276 | 0.2056745 | 8218 | 6417 | 40 |
| 277 | 0.2586598 | 6535 | 5102 | 40 |
| 278 | 0.2586598 | 6535 | 5102 | 40 |
| 279 | 0.5678516 | 2977 | 2324 | 40 |
| 280 | 0.2070295 | 8164 | 6375 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 281 | 0.2191682 | 7712 | 6022 | 40 |
| 282 | 0.1447902 | 11674 | 9115 | 40 |
| 283 | 0.3784723 | 4466 | 3487 | 40 |
| 284 | 0.3784723 | 4466 | 3487 | 40 |
| 285 | 0.1957449 | 8635 | 6742 | 60 |
| 286 | 0.1957449 | 8635 | 6742 | 60 |
| 287 | 0.6650475 | 2542 | 1985 | 60 |
| 288 | 0.6650475 | 2542 | 1985 | 60 |
| 289 | 0.2693841 | 6275 | 4899 | 40 |
| 290 | 0.2693841 | 6275 | 4899 | 40 |
| 291 | 0.3992688 | 4233 | 3306 | 40 |
| 292 | 0.3992688 | 4233 | 3306 | 40 |
| 293 | 0.1215229 | 13909 | 10860 | 51.5 |
| 294 | 0.1215229 | 13909 | 10860 | 51.5 |
| 295 | 0.2155314 | 7842 | 6123 | 51.5 |
| 296 | 0.2155314 | 7842 | 6123 | 51.5 |
| 297 | 0.3607509 | 4685 | 3658 | 51.5 |
| 298 | 0.3607509 | 4685 | 3658 | 51.5 |
| 299 | 0.5608228 | 3014 | 2353 | 51.5 |
| 300 | 0.5608228 | 3014 | 2353 | 51.5 |
| 301 | 0.3119074 | 5419 | 4231 | 51.5 |
| 302 | 0.3119074 | 5419 | 4231 | 51.5 |
| 303 | 0.2711199 | 7856 | 7458 | 58.8 |
| 304 | 0.2711199 | 7856 | 7458 | 58.8 |
| 305 | 0.1464497 | 14544 | 13807 | 58.8 |
| 306 | 0.1464497 | 14544 | 13807 | 58.8 |
| 307 | 0.2878663 | 7399 | 7024 | 58.8 |
| 308 | 0.2878663 | 7399 | 7024 | 58.8 |
| 309 | 0.5923932 | 3596 | 3413 | 58.8 |
| 310 | 0.5923932 | 3596 | 3413 | 58.8 |
| 311 | 0.2676275 | 7959 | 7555 | 58.8 |
| 312 | 0.2676275 | 7959 | 7555 | 58.8 |
| 313 | 0.5249397 | 4058 | 3852 | 58.8 |
| 314 | 0.5249397 | 4058 | 3852 | 58.8 |
| 315 | 0.3042165 | 7002 | 6647 | 58.8 |
| 316 | 0.3042165 | 7002 | 6647 | 58.8 |
| 317 | 0.1310549 | 16253 | 15429 | 58.8 |
| 318 | 0.1310549 | 16253 | 15429 | 58.8 |
| 319 | 0.1951523 | 10915 | 10361 | 58.8 |
| 320 | 0.2991779 | 7120 | 6759 | 58.8 |
| 321 | 0.4943205 | 4309 | 4090 | 58.8 |
| 322 | 0.4888393 | 4357 | 4136 | 75 |
| 323 | 0.0681026 | 31276 | 29690 | 75 |
| 324 | 0.0859712 | 24776 | 23520 | 75 |
| 325 | 0.3348065 | 6362 | 6039 | 75 |
| 326 | 0.2254007 | 9450 | 8971 | 75 |
| 327 | 0.2254007 | 9450 | 8971 | 75 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 328 | 0.6969241 | 3056 | 2901 | 75 |
| 329 | 0.6969241 | 3056 | 2901 | 75 |
| 330 | 0.5162339 | 4126 | 3917 | 75 |
| 331 | 0.5162339 | 4126 | 3917 | 75 |
| 332 | 0.1405841 | 15151 | 14383 | 51.5 |
| 333 | 0.1405841 | 15151 | 14383 | 51.5 |
| 334 | 0.5307984 | 4013 | 3809 | 51.5 |
| 335 | 0.5307984 | 4013 | 3809 | 51.5 |
| 336 | 0.0658267 | 32358 | 30717 | 51.5 |
| 337 | 0.1772849 | 12015 | 11405 | 51.5 |
| 338 | 0.2431113 | 8761 | 8317 | 51.5 |
| 339 | 0.4178717 | 4045 | 3158 | 63 |
| 340 | 0.4178717 | 4045 | 3158 | 63 |
| 341 | 0.1909339 | 8853 | 6912 | 63 |
| 342 | 0.54775 | 3086 | 2409 | 63 |
| 343 | 0.7385947 | 2288 | 1787 | 63 |
| 344 | 0.3638799 | 4645 | 3627 | 63 |
| 345 | 0.3638799 | 4645 | 3627 | 63 |
| 346 | 0.1166863 | 14486 | 11311 | 63 |
| 347 | 0.1166863 | 14486 | 11311 | 63 |
| 348 | 0.4079981 | 4143 | 3235 | 63 |
| 349 | 0.4079981 | 4143 | 3235 | 63 |
| 350 | 0.2326065 | 7267 | 5674 | 63 |
| 351 | 0.2326065 | 7267 | 5674 | 63 |
| 352 | 0.188389 | 8972 | 7006 | 63 |
| 353 | 0.188389 | 8972 | 7006 | 63 |
| 354 | 0.6419276 | 3318 | 3150 | 63 |
| 355 | 0.6419276 | 3318 | 3150 | 63 |
| 356 | 0.293406 | 7260 | 6891 | 63 |
| 357 | 0.293406 | 7260 | 6891 | 63 |
| 358 | 0.1514523 | 11160 | 8714 | 40 |
| 359 | 0.1514523 | 11160 | 8714 | 40 |
| 360 | 0.2590689 | 6524 | 5094 | 40 |
| 361 | 0.2590689 | 6524 | 5094 | 40 |
| 362 | 0.9323291 | 1813 | 1416 | 40 |
| 363 | 0.9323291 | 1813 | 1416 | 40 |
| 364 | 0.6656842 | 2539 | 1983 | 40 |
| 365 | 0.6656842 | 2539 | 1983 | 40 |
| 366 | 0.3215298 | 5257 | 4105 | 40 |
| 367 | 0.3215298 | 5257 | 4105 | 40 |
| 368 | 0.9216679 | 2311 | 2194 | 63 |
| 369 | 0.9216679 | 2311 | 2194 | 63 |
| 370 | 0.0759834 | 22245 | 17369 | 63 |
| 371 | 0.0759834 | 22245 | 17369 | 63 |
| 372 | 0.6700425 | 2523 | 1970 | 63 |
| 373 | 0.6700425 | 2523 | 1970 | 63 |
| 374 | 0.3381824 | 4998 | 3903 | 51.5 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 375 | 0.3381824 | 4998 | 3903 | 51.5 |
| 376 | 0.263357 | 6418 | 5011 | 51.5 |
| 377 | 0.263357 | 6418 | 5011 | 51.5 |
| 378 | 0.4751707 | 3557 | 2778 | 55 |
| 379 | 0.4751707 | 3557 | 2778 | 55 |
| 380 | 0.2739541 | 6170 | 4818 | 55 |
| 381 | 0.2739541 | 6170 | 4818 | 55 |
| 382 | 0.5076221 | 4196 | 3983 | 51.5 |
| 383 | 0.5076221 | 4196 | 3983 | 51.5 |
| 384 | 0.5125632 | 3298 | 2575 | 40 |
| 385 | 0.5125632 | 3298 | 2575 | 40 |
| 386 | 0.2144853 | 7881 | 6153 | 40 |
| 387 | 0.2144853 | 7881 | 6153 | 40 |
| 388 | 0.4976795 | 3396 | 2652 | 40 |
| 389 | 0.4976795 | 3396 | 2652 | 40 |
| 390 | 0.4863544 | 3475 | 2714 | 55 |
| 391 | 0.4863544 | 3475 | 2714 | 55 |
| 392 | 0.5485893 | 3081 | 2406 | 55 |
| 393 | 0.5485893 | 3081 | 2406 | 55 |
| 394 | 0.1378062 | 12266 | 9577 | 55 |
| 395 | 0.1378062 | 12266 | 9577 | 55 |
| 396 | 0.1315567 | 12848 | 10032 | 55 |
| 397 | 0.1315567 | 12848 | 10032 | 55 |
| 398 | 0.6516195 | 2594 | 2025 | 55 |
| 399 | 0.6516195 | 2594 | 2025 | 55 |
| 400 | 0.8929772 | 1893 | 1478 | 40 |
| 401 | 0.8929772 | 1893 | 1478 | 40 |
| 402 | 0.1144492 | 18611 | 17667 | 40 |
| 403 | 0.1144492 | 18611 | 17667 | 40 |
| 404 | 0.25445 | 8371 | 7947 | 40 |
| 405 | 0.25445 | 8371 | 7947 | 40 |
| 406 | 0.6188414 | 3442 | 3267 | 40 |
| 407 | 0.6188414 | 3442 | 3267 | 40 |
| 408 | 0.4447152 | 4790 | 4547 | 40 |
| 409 | 0.4447152 | 4790 | 4547 | 40 |
| 410 | 0.3669173 | 5805 | 5511 | 40 |
| 411 | 0.3669173 | 5805 | 5511 | 40 |
| 412 | 0.204059 | 10438 | 9909 | 40 |
| 413 | 0.204059 | 10438 | 9909 | 40 |
| 414 | 0.1648444 | 12921 | 12266 | 40 |
| 415 | 0.1648444 | 12921 | 12266 | 40 |
| 416 | 0.2128039 | 10009 | 9502 | 40 |
| 417 | 0.2128039 | 10009 | 9502 | 40 |
| 418 | 0.2459083 | 8662 | 8223 | 40 |
| 419 | 0.2459083 | 8662 | 8223 | 40 |
| 420 | 0.2991896 | 7119 | 6758 | 40 |
| 421 | 0.2991896 | 7119 | 6758 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 422 | 0.3683109 | 5783 | 5490 | 40 |
| 423 | 0.3683109 | 5783 | 5490 | 40 |
| 424 | 0.5041455 | 4225 | 4011 | 63 |
| 425 | 0.5041455 | 4225 | 4011 | 63 |
| 426 | 0.2456398 | 8671 | 8232 | 63 |
| 427 | 0.2456398 | 8671 | 8232 | 63 |
| 428 | 0.1517812 | 14033 | 13322 | 63 |
| 429 | 0.1517812 | 14033 | 13322 | 63 |
| 430 | 0.973866 | 2187 | 2076 | 63 |
| 431 | 0.973866 | 2187 | 2076 | 63 |
| 432 | 0.2635141 | 8083 | 7673 | 60 |
| 433 | 0.2635141 | 8083 | 7673 | 60 |
| 434 | 0.3488651 | 6106 | 5796 | 60 |
| 435 | 0.3488651 | 6106 | 5796 | 60 |
| 436 | 0.1319631 | 16141 | 15322 | 60 |
| 437 | 0.1319631 | 16141 | 15322 | 60 |
| 438 | 0.3087107 | 6900 | 6550 | 60 |
| 439 | 0.3087107 | 6900 | 6550 | 60 |
| 440 | 0.1520582 | 14008 | 13298 | 60 |
| 441 | 0.1520582 | 14008 | 13298 | 60 |
| 442 | 0.4028357 | 5288 | 5019 | 60 |
| 443 | 0.4028357 | 5288 | 5019 | 60 |
| 444 | 0.207841 | 10248 | 9729 | 60 |
| 445 | 0.207841 | 10248 | 9729 | 60 |
| 446 | 0.3508645 | 6071 | 5763 | 60 |
| 447 | 0.3508645 | 6071 | 5763 | 60 |
| 448 | 0.2128514 | 10007 | 9500 | 51.5 |
| 449 | 0.2128514 | 10007 | 9500 | 51.5 |
| 450 | 0.1578521 | 13494 | 12809 | 51.5 |
| 451 | 0.1578521 | 13494 | 12809 | 51.5 |
| 452 | 0.9218655 | 2311 | 2193 | 51.5 |
| 453 | 0.9218655 | 2311 | 2193 | 51.5 |
| 454 | 0.5934882 | 3589 | 3407 | 51.5 |
| 455 | 0.5934882 | 3589 | 3407 | 51.5 |
| 456 | 0.3348566 | 6361 | 6038 | 51.5 |
| 457 | 0.3348566 | 6361 | 6038 | 51.5 |
| 458 | 0.2940232 | 7244 | 6877 | 51.5 |
| 459 | 0.2940232 | 7244 | 6877 | 51.5 |
| 460 | 0.3349481 | 6359 | 6037 | 51.5 |
| 461 | 0.3349481 | 6359 | 6037 | 51.5 |
| 462 | 0.8991919 | 2369 | 2249 | 51.5 |
| 463 | 0.8991919 | 2369 | 2249 | 51.5 |
| 464 | 0.604665 | 3523 | 3344 | 60 |
| 465 | 0.604665 | 3523 | 3344 | 60 |
| 466 | 0.1678508 | 12690 | 12046 | 51.5 |
| 467 | 0.1678508 | 12690 | 12046 | 51.5 |
| 468 | 0.2907969 | 7325 | 6953 | 51.5 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 469 | 0.2907969 | 7325 | 6953 | 51.5 |
| 470 | 0.6590974 | 3232 | 3068 | 51.5 |
| 471 | 0.6590974 | 3232 | 3068 | 51.5 |
| 472 | 0.784663 | 2154 | 1682 | 40 |
| 473 | 0.784663 | 2154 | 1682 | 40 |
| 474 | 0.4271869 | 4986 | 4733 | 40 |
| 475 | 0.4271869 | 4986 | 4733 | 40 |
| 476 | 0.2741381 | 7770 | 7376 | 40 |
| 477 | 0.2741381 | 7770 | 7376 | 40 |
| 478 | 1.7912249 | 944 | 737 | 55 |
| 479 | 1.7912249 | 944 | 737 | 55 |
| 480 | 1.1409416 | 1481 | 1157 | 40 |
| 481 | 1.1409416 | 1481 | 1157 | 40 |
| 482 | 0.2268231 | 7452 | 5819 | 40 |
| 483 | 0.2268231 | 7452 | 5819 | 40 |
| 484 | 0.7482002 | 2259 | 1764 | 40 |
| 485 | 0.7482002 | 2259 | 1764 | 40 |
| 486 | 0.5339789 | 3165 | 2472 | 40 |
| 487 | 0.5339789 | 3165 | 2472 | 40 |
| 488 | 0.4448814 | 3799 | 2967 | 40 |
| 489 | 0.4448814 | 3799 | 2967 | 40 |
| 490 | 0.6373757 | 2652 | 2071 | 40 |
| 491 | 0.6373757 | 2652 | 2071 | 40 |
| 492 | 0.7194988 | 2349 | 1834 | 40 |
| 493 | 0.7194988 | 2349 | 1834 | 40 |
| 494 | 0.4691883 | 3603 | 2813 | 40 |
| 495 | 0.4691883 | 3603 | 2813 | 40 |
| 496 | 0.196682 | 8594 | 6710 | 40 |
| 497 | 0.196682 | 8594 | 6710 | 40 |
| 498 | 0.4416101 | 3828 | 2989 | 40 |
| 499 | 0.4416101 | 3828 | 2989 | 40 |
| 500 | 0.3664755 | 5812 | 5517 | 63 |
| 501 | 0.3664755 | 5812 | 5517 | 63 |
| 502 | 0.3026425 | 7038 | 6681 | 63 |
| 503 | 0.3026425 | 7038 | 6681 | 63 |
| 504 | 0.3297679 | 6459 | 6132 | 63 |
| 505 | 0.3297679 | 6459 | 6132 | 63 |
| 506 | 0.3567391 | 5971 | 5668 | 63 |
| 507 | 0.3567391 | 5971 | 5668 | 63 |
| 508 | 0.2685341 | 7932 | 7530 | 63 |
| 509 | 0.2685341 | 7932 | 7530 | 63 |
| 510 | 0.2498376 | 8526 | 8093 | 63 |
| 511 | 0.2498376 | 8526 | 8093 | 63 |
| 512 | 0.3193716 | 6669 | 6331 | 63 |
| 513 | 0.3193716 | 6669 | 6331 | 63 |
| 514 | 0.5480888 | 3886 | 3689 | 63 |
| 515 | 0.5480888 | 3886 | 3689 | 63 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 469 | 0.2907969 | 7325 | 6953 | 51.5 |
| 470 | 0.6590974 | 3232 | 3068 | 51.5 |
| 471 | 0.6590974 | 3232 | 3068 | 51.5 |
| 472 | 0.784663 | 2154 | 1682 | 40 |
| 473 | 0.784663 | 2154 | 1682 | 40 |
| 474 | 0.4271869 | 4986 | 4733 | 40 |
| 475 | 0.4271869 | 4986 | 4733 | 40 |
| 476 | 0.2741381 | 7770 | 7376 | 40 |
| 477 | 0.2741381 | 7770 | 7376 | 40 |
| 478 | 1.7912249 | 944 | 737 | 55 |
| 479 | 1.7912249 | 944 | 737 | 55 |
| 480 | 1.1409416 | 1481 | 1157 | 40 |
| 481 | 1.1409416 | 1481 | 1157 | 40 |
| 482 | 0.2268231 | 7452 | 5819 | 40 |
| 483 | 0.2268231 | 7452 | 5819 | 40 |
| 484 | 0.7482002 | 2259 | 1764 | 40 |
| 485 | 0.7482002 | 2259 | 1764 | 40 |
| 486 | 0.5339789 | 3165 | 2472 | 40 |
| 487 | 0.5339789 | 3165 | 2472 | 40 |
| 488 | 0.4448814 | 3799 | 2967 | 40 |
| 489 | 0.4448814 | 3799 | 2967 | 40 |
| 490 | 0.6373757 | 2652 | 2071 | 40 |
| 491 | 0.6373757 | 2652 | 2071 | 40 |
| 492 | 0.7194988 | 2349 | 1834 | 40 |
| 493 | 0.7194988 | 2349 | 1834 | 40 |
| 494 | 0.4691883 | 3603 | 2813 | 40 |
| 495 | 0.4691883 | 3603 | 2813 | 40 |
| 496 | 0.196682 | 8594 | 6710 | 40 |
| 497 | 0.196682 | 8594 | 6710 | 40 |
| 498 | 0.4416101 | 3828 | 2989 | 40 |
| 499 | 0.4416101 | 3828 | 2989 | 40 |
| 500 | 0.3664755 | 5812 | 5517 | 63 |
| 501 | 0.3664755 | 5812 | 5517 | 63 |
| 502 | 0.3026425 | 7038 | 6681 | 63 |
| 503 | 0.3026425 | 7038 | 6681 | 63 |
| 504 | 0.3297679 | 6459 | 6132 | 63 |
| 505 | 0.3297679 | 6459 | 6132 | 63 |
| 506 | 0.3567391 | 5971 | 5668 | 63 |
| 507 | 0.3567391 | 5971 | 5668 | 63 |
| 508 | 0.2685341 | 7932 | 7530 | 63 |
| 509 | 0.2685341 | 7932 | 7530 | 63 |
| 510 | 0.2498376 | 8526 | 8093 | 63 |
| 511 | 0.2498376 | 8526 | 8093 | 63 |
| 512 | 0.3193716 | 6669 | 6331 | 63 |
| 513 | 0.3193716 | 6669 | 6331 | 63 |
| 514 | 0.5480888 | 3886 | 3689 | 63 |
| 515 | 0.5480888 | 3886 | 3689 | 63 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 516 | 0.4095887 | 5200 | 4937 | 63 |
| 517 | 0.4095887 | 5200 | 4937 | 63 |
| 518 | 0.2189434 | 9729 | 9235 | 63 |
| 519 | 0.2189434 | 9729 | 9235 | 63 |
| 520 | 0.7045274 | 3023 | 2870 | 63 |
| 521 | 0.7045274 | 3023 | 2870 | 63 |
| 522 | 0.2064825 | 10316 | 9793 | 63 |
| 523 | 0.2064825 | 10316 | 9793 | 63 |
| 524 | 0.8318968 | 2560 | 2431 | 63 |
| 525 | 0.8318968 | 2560 | 2431 | 63 |
| 526 | 1.1475197 | 1473 | 1150 | 40 |
| 527 | 1.1475197 | 1473 | 1150 | 40 |
| 528 | 0.6316056 | 2676 | 2090 | 40 |
| 529 | 0.6316056 | 2676 | 2090 | 40 |
| 530 | 0.2218275 | 7620 | 5950 | 40 |
| 531 | 0.2218275 | 7620 | 5950 | 40 |
| 532 | 0.2910245 | 5808 | 4535 | 40 |
| 533 | 0.2910245 | 5808 | 4535 | 40 |
| 534 | 0.2001121 | 8447 | 6595 | 40 |
| 535 | 0.2001121 | 8447 | 6595 | 40 |
| 536 | 0.9188086 | 1840 | 1436 | 40 |
| 537 | 0.9188086 | 1840 | 1436 | 40 |
| 538 | 0.5230396 | 3232 | 2523 | 40 |
| 539 | 0.5230396 | 3232 | 2523 | 40 |
| 540 | 0.2053182 | 8232 | 6428 | 40 |
| 541 | 0.2053182 | 8232 | 6428 | 40 |
| 542 | 0.3753325 | 4503 | 3516 | 40 |
| 543 | 0.3753325 | 4503 | 3516 | 40 |
| 544 | 0.2611397 | 6473 | 5054 | 40 |
| 545 | 0.2611397 | 6473 | 5054 | 40 |
| 546 | 0.3865788 | 4372 | 3414 | 40 |
| 547 | 0.3865788 | 4372 | 3414 | 40 |
| 548 | 0.2231939 | 7573 | 5913 | 40 |
| 549 | 0.2231939 | 7573 | 5913 | 40 |
| 550 | 0.3977235 | 4250 | 3318 | 40 |
| 551 | 0.3977235 | 4250 | 3318 | 40 |
| 552 | 0.0850679 | 19870 | 15515 | 40 |
| 553 | 0.0850679 | 19870 | 15515 | 40 |
| 554 | 0.4616113 | 3662 | 2859 | 40 |
| 555 | 0.4616113 | 3662 | 2859 | 40 |
| 556 | 0.6847642 | 2468 | 1927 | 40 |
| 557 | 0.6847642 | 2468 | 1927 | 40 |
| 558 | 0.5261509 | 3213 | 2508 | 40 |
| 559 | 0.5261509 | 3213 | 2508 | 40 |
| 560 | 0.2572214 | 6571 | 5131 | 40 |
| 561 | 0.2572214 | 6571 | 5131 | 40 |
| 562 | 0.4301242 | 3930 | 3068 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol_{max} | Volume | Kecepatan |
|-------------|---------------------|--------------------------|---------------|-------------------|
| Ruas | | (q_{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 563 | 0.4301242 | 3930 | 3068 | 40 |
| 564 | 0.1080808 | 15639 | 12211 | 40 |
| 565 | 0.1080808 | 15639 | 12211 | 40 |
| 566 | 0.1140661 | 14818 | 11570 | 40 |
| 567 | 0.1140661 | 14818 | 11570 | 40 |
| 568 | 0.3521462 | 4800 | 3748 | 40 |
| 569 | 0.3521462 | 4800 | 3748 | 40 |
| 570 | 0.3344803 | 5053 | 3946 | 40 |
| 571 | 0.3344803 | 5053 | 3946 | 40 |
| 572 | 0.4365661 | 3872 | 3023 | 40 |
| 573 | 0.4365661 | 3872 | 3023 | 40 |
| 574 | 0.2944071 | 5741 | 4483 | 40 |
| 575 | 0.2944071 | 5741 | 4483 | 40 |
| 576 | 0.0908427 | 18607 | 14528 | 40 |
| 577 | 0.0908427 | 18607 | 14528 | 40 |
| 578 | 0.199037 | 10702 | 10159 | 67 |
| 579 | 0.2771397 | 6099 | 4762 | 52 |
| 580 | 1.2873336 | 1313 | 1025 | 74.5 |
| 581 | 1.2873336 | 1313 | 1025 | 74.5 |
| 582 | 0.5939816 | 3586 | 3404 | 52.5 |
| 583 | 0.5939816 | 3586 | 3404 | 52.5 |
| 584 | 0.1966708 | 8594 | 6711 | 60 |
| 585 | 0.3532883 | 4784 | 3736 | 40 |
| 586 | 0.3532883 | 4784 | 3736 | 40 |
| 587 | 0.5014248 | 3371 | 2632 | 40 |
| 588 | 0.5014248 | 3371 | 2632 | 40 |
| 589 | 0.3480251 | 4857 | 3792 | 40 |
| 590 | 0.3480251 | 4857 | 3792 | 40 |
| 591 | 0.2129397 | 7938 | 6198 | 40 |
| 592 | 0.2129397 | 7938 | 6198 | 40 |
| 593 | 0.343889 | 4915 | 3838 | 40 |
| 594 | 0.343889 | 4915 | 3838 | 40 |
| 595 | 0.1120204 | 15089 | 11782 | 40 |
| 596 | 0.1120204 | 15089 | 11782 | 40 |
| 597 | 0.223616 | 7559 | 5902 | 40 |
| 598 | 0.223616 | 7559 | 5902 | 40 |
| 599 | 0.4608799 | 4622 | 4387 | 45 |
| 600 | 0.4608799 | 4622 | 4387 | 45 |
| 601 | 0.0676441 | 31488 | 29892 | 45 |
| 602 | 0.0676441 | 31488 | 29892 | 45 |
| 603 | 0.0955273 | 22297 | 21167 | 45 |
| 604 | 0.0955273 | 22297 | 21167 | 45 |
| 605 | 0.112593 | 18918 | 17958 | 45 |
| 606 | 0.112593 | 18918 | 17958 | 45 |
| 607 | 0.6605314 | 3225 | 3061 | 45 |
| 608 | 0.6605314 | 3225 | 3061 | 45 |
| 609 | 0.160376 | 13281 | 12608 | 45 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 610 | 0.160376 | 13281 | 12608 | 45 |
| 611 | 0.1994819 | 8473 | 6616 | 40 |
| 612 | 0.1994819 | 8473 | 6616 | 40 |
| 613 | 0.3394308 | 4980 | 3888 | 40 |
| 614 | 0.3394308 | 4980 | 3888 | 40 |
| 615 | 0.3026804 | 7037 | 6680 | 55 |
| 616 | 0.4844409 | 4397 | 4174 | 55 |
| 617 | 0.1831088 | 11632 | 11043 | 55 |
| 618 | 0.6675491 | 3191 | 3029 | 55 |
| 619 | 0.1219865 | 17461 | 16576 | 55 |
| 620 | 0.1807181 | 11786 | 11189 | 55 |
| 621 | 0.2171669 | 7783 | 6077 | 63 |
| 622 | 0.2171669 | 7783 | 6077 | 63 |
| 623 | 0.142415 | 11869 | 9267 | 63 |
| 624 | 0.142415 | 11869 | 9267 | 63 |
| 625 | 0.4084378 | 4138 | 3231 | 63 |
| 626 | 0.4084378 | 4138 | 3231 | 63 |
| 627 | 0.1190991 | 14192 | 11081 | 63 |
| 628 | 0.1190991 | 14192 | 11081 | 63 |
| 629 | 0.2846938 | 5937 | 4636 | 63 |
| 630 | 0.085367 | 19800 | 15460 | 63 |
| 631 | 0.3700451 | 4568 | 3567 | 63 |
| 632 | 0.2148451 | 7867 | 6143 | 63 |
| 633 | 0.2148451 | 7867 | 6143 | 63 |
| 634 | 0.1171334 | 14430 | 11267 | 63 |
| 635 | 0.1171334 | 14430 | 11267 | 63 |
| 636 | 0.2187422 | 7727 | 6034 | 63 |
| 637 | 0.2187422 | 7727 | 6034 | 63 |
| 638 | 0.1424087 | 11869 | 9268 | 63 |
| 639 | 0.1424087 | 11869 | 9268 | 63 |
| 640 | 0.6831829 | 2474 | 1932 | 63 |
| 641 | 0.6831829 | 2474 | 1932 | 63 |
| 642 | 0.213737 | 7908 | 6175 | 63 |
| 643 | 0.213737 | 7908 | 6175 | 63 |
| 644 | 0.2136915 | 7910 | 6176 | 63 |
| 645 | 0.2136915 | 7910 | 6176 | 63 |
| 646 | 0.2793184 | 6051 | 4725 | 63 |
| 647 | 0.2793184 | 6051 | 4725 | 63 |
| 648 | 0.2600062 | 6501 | 5076 | 40 |
| 649 | 0.2600062 | 6501 | 5076 | 40 |
| 650 | 0.578585 | 2921 | 2281 | 40 |
| 651 | 0.578585 | 2921 | 2281 | 40 |
| 652 | 0.5639919 | 2997 | 2340 | 40 |
| 653 | 0.5639919 | 2997 | 2340 | 40 |
| 654 | 0.4350483 | 3885 | 3034 | 40 |
| 655 | 0.4350483 | 3885 | 3034 | 40 |
| 656 | 0.3345694 | 5052 | 3945 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 657 | 0.3345694 | 5052 | 3945 | 40 |
| 658 | 0.2712351 | 6232 | 4866 | 65.5 |
| 659 | 0.2712351 | 6232 | 4866 | 65.5 |
| 660 | 0.1230965 | 13731 | 10722 | 65.5 |
| 661 | 0.1230965 | 13731 | 10722 | 65.5 |
| 662 | 0.5642412 | 2996 | 2339 | 65.5 |
| 663 | 0.5642412 | 2996 | 2339 | 65.5 |
| 664 | 0.1812056 | 9328 | 7283 | 65.5 |
| 665 | 0.1812056 | 9328 | 7283 | 65.5 |
| 666 | 0.2622628 | 8122 | 7710 | 75.45 |
| 667 | 0.2622628 | 8122 | 7710 | 75.45 |
| 668 | 0.8145912 | 2615 | 2482 | 75.45 |
| 669 | 0.8145912 | 2615 | 2482 | 75.45 |
| 670 | 0.2915183 | 7307 | 6936 | 75.45 |
| 671 | 0.2915183 | 7307 | 6936 | 75.45 |
| 672 | 0.5356495 | 3976 | 3775 | 75.45 |
| 673 | 0.5356495 | 3976 | 3775 | 75.45 |
| 674 | 0.6246489 | 3410 | 3237 | 75.45 |
| 675 | 0.6246489 | 3410 | 3237 | 75.45 |
| 676 | 0.6676876 | 3190 | 3028 | 75.45 |
| 677 | 0.6676876 | 3190 | 3028 | 75.45 |
| 678 | 0.2441817 | 6922 | 5405 | 75.45 |
| 679 | 0.4889607 | 3457 | 2699 | 75.45 |
| 680 | 0.4889607 | 3457 | 2699 | 75.45 |
| 681 | 0.2535316 | 6667 | 5206 | 40 |
| 682 | 0.3086289 | 5477 | 4276 | 40 |
| 683 | 0.1978761 | 10764 | 10219 | 53 |
| 684 | 0.1978761 | 10764 | 10219 | 53 |
| 685 | 0.1642944 | 12965 | 12307 | 53 |
| 686 | 0.1642944 | 12965 | 12307 | 53 |
| 687 | 0.1657338 | 12852 | 12200 | 53 |
| 688 | 0.1657338 | 12852 | 12200 | 53 |
| 689 | 1.0071815 | 2115 | 2008 | 53 |
| 690 | 1.0071815 | 2115 | 2008 | 53 |
| 691 | 0.3698647 | 5759 | 5467 | 53 |
| 692 | 0.3698647 | 5759 | 5467 | 53 |
| 693 | 0.3077894 | 5492 | 4288 | 60 |
| 694 | 0.3077894 | 5492 | 4288 | 60 |
| 695 | 0.2018912 | 10550 | 10015 | 55 |
| 696 | 0.2018912 | 10550 | 10015 | 55 |
| 697 | 0.1618207 | 13163 | 12495 | 55 |
| 698 | 0.1618207 | 13163 | 12495 | 55 |
| 699 | 0.3877607 | 4359 | 3404 | 40 |
| 700 | 0.3877607 | 4359 | 3404 | 40 |
| 701 | 0.302505 | 5588 | 4363 | 40 |
| 702 | 0.302505 | 5588 | 4363 | 40 |
| 703 | 0.4702643 | 4529 | 4300 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 704 | 0.4702643 | 4529 | 4300 | 40 |
| 705 | 0.3916356 | 4316 | 3370 | 40 |
| 706 | 0.3916356 | 4316 | 3370 | 40 |
| 707 | 0.2914761 | 5799 | 4528 | 40 |
| 708 | 0.2914761 | 5799 | 4528 | 40 |
| 709 | 0.1259376 | 16913 | 16056 | 72 |
| 710 | 0.1259376 | 16913 | 16056 | 72 |
| 711 | 0.3640549 | 5851 | 5554 | 72 |
| 712 | 0.489756 | 4349 | 4129 | 72 |
| 713 | 0.6987962 | 3048 | 2894 | 72 |
| 714 | 0.4052625 | 5256 | 4989 | 60 |
| 715 | 0.2401191 | 8871 | 8421 | 60 |
| 716 | 0.3311992 | 6431 | 6105 | 60 |
| 717 | 0.3295817 | 6463 | 6135 | 60 |
| 718 | 0.201078 | 10593 | 10056 | 60 |
| 719 | 0.26314 | 8095 | 7684 | 60 |
| 720 | 0.3473301 | 4866 | 3800 | 54 |
| 721 | 0.3473301 | 4866 | 3800 | 54 |
| 722 | 0.83016 | 2036 | 1590 | 54 |
| 723 | 0.7531374 | 2244 | 1752 | 40 |
| 724 | 0.9383458 | 2270 | 2155 | 40 |
| 725 | 0.2648686 | 8042 | 7634 | 47 |
| 726 | 0.2407492 | 8847 | 8399 | 47 |
| 727 | 0.6377877 | 3340 | 3170 | 47 |
| 728 | 0.326545 | 5176 | 4042 | 40 |
| 729 | 0.3502285 | 4826 | 3768 | 40 |
| 730 | 0.6464506 | 2615 | 2042 | 40 |
| 731 | 0.659277 | 2564 | 2002 | 40 |
| 732 | 0.6178642 | 2736 | 2136 | 40 |
| 733 | 0.6178642 | 2736 | 2136 | 40 |
| 734 | 0.37027 | 5753 | 5461 | 50.5 |
| 735 | 0.2555053 | 8336 | 7914 | 50.5 |
| 736 | 0.1148509 | 18546 | 17605 | 50.5 |
| 737 | 0.3252867 | 5196 | 4057 | 40 |
| 738 | 0.3252867 | 5196 | 4057 | 40 |
| 739 | 0.2296688 | 7360 | 5746 | 40 |
| 740 | 0.2296688 | 7360 | 5746 | 40 |
| 741 | 0.2082713 | 8116 | 6337 | 40 |
| 742 | 0.2082713 | 8116 | 6337 | 40 |
| 743 | 0.32931 | 5133 | 4008 | 40 |
| 744 | 0.32931 | 5133 | 4008 | 40 |
| 745 | 0.2910174 | 5808 | 4535 | 40 |
| 746 | 0.2910174 | 5808 | 4535 | 40 |
| 747 | 0.1903398 | 8880 | 6934 | 40 |
| 748 | 0.1903398 | 8880 | 6934 | 40 |
| 749 | 0.1931576 | 8751 | 6833 | 40 |
| 750 | 0.1931576 | 8751 | 6833 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 751 | 0.1975563 | 8556 | 6681 | 40 |
| 752 | 0.1975563 | 8556 | 6681 | 40 |
| 753 | 0.2056824 | 8218 | 6417 | 55 |
| 754 | 0.2056824 | 8218 | 6417 | 55 |
| 755 | 0.6864608 | 2462 | 1923 | 55 |
| 756 | 0.6864608 | 2462 | 1923 | 55 |
| 757 | 0.534759 | 3161 | 2468 | 40 |
| 758 | 0.534759 | 3161 | 2468 | 40 |
| 759 | 0.371786 | 4546 | 3550 | 40 |
| 760 | 0.371786 | 4546 | 3550 | 40 |
| 761 | 0.1628622 | 10379 | 8104 | 40 |
| 762 | 0.1628622 | 10379 | 8104 | 40 |
| 763 | 0.2152774 | 7852 | 6131 | 40 |
| 764 | 0.2152774 | 7852 | 6131 | 40 |
| 765 | 0.1248233 | 13541 | 10573 | 40 |
| 766 | 0.1248233 | 13541 | 10573 | 40 |
| 767 | 0.2458011 | 8666 | 8226 | 68 |
| 768 | 0.8174439 | 2606 | 2474 | 68 |
| 769 | 0.116679 | 18255 | 17330 | 68 |
| 770 | 0.514893 | 4137 | 3927 | 68 |
| 771 | 0.3028759 | 7033 | 6676 | 68 |
| 772 | 0.2458011 | 8666 | 8226 | 68 |
| 773 | 0.3513665 | 4811 | 3756 | 40 |
| 774 | 0.447036 | 3781 | 2952 | 40 |
| 775 | 0.3926381 | 4305 | 3361 | 40 |
| 776 | 0.3926381 | 4305 | 3361 | 40 |
| 777 | 0.4245991 | 3981 | 3108 | 40 |
| 778 | 0.4245991 | 3981 | 3108 | 40 |
| 779 | 0.2197412 | 7692 | 6006 | 40 |
| 780 | 0.2197412 | 7692 | 6006 | 40 |
| 781 | 0.414471 | 4078 | 3184 | 58 |
| 782 | 0.414471 | 4078 | 3184 | 58 |
| 783 | 0.2509641 | 6735 | 5259 | 58 |
| 784 | 0.2509641 | 6735 | 5259 | 58 |
| 785 | 0.4028396 | 4196 | 3276 | 58 |
| 786 | 0.4028396 | 4196 | 3276 | 58 |
| 787 | 0.1699078 | 9948 | 7768 | 58 |
| 788 | 0.1699078 | 9948 | 7768 | 58 |
| 789 | 0.1237528 | 13658 | 10665 | 58 |
| 790 | 0.1237528 | 13658 | 10665 | 58 |
| 791 | 0.0789433 | 21411 | 16718 | 55.5 |
| 792 | 0.0789433 | 21411 | 16718 | 55.5 |
| 793 | 0.3888538 | 4347 | 3394 | 55.5 |
| 794 | 0.3888538 | 4347 | 3394 | 55.5 |
| 795 | 0.1975846 | 10780 | 10234 | 40 |
| 796 | 0.1975846 | 10780 | 10234 | 40 |
| 797 | 0.4632347 | 4598 | 4365 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 798 | 0.4632347 | 4598 | 4365 | 40 |
| 799 | 0.4872606 | 3469 | 2709 | 40 |
| 800 | 0.330969 | 6436 | 6109 | 40 |
| 801 | 0.330969 | 6436 | 6109 | 40 |
| 802 | 0.0790718 | 26938 | 25572 | 40 |
| 803 | 0.0790718 | 26938 | 25572 | 40 |
| 804 | 0.3133786 | 6797 | 6452 | 40 |
| 805 | 0.3683067 | 5783 | 5490 | 40 |
| 806 | 0.2858527 | 7451 | 7074 | 40 |
| 807 | 0.5301038 | 4018 | 3814 | 64 |
| 808 | 0.1849088 | 11519 | 10935 | 64 |
| 809 | 0.4231616 | 5034 | 4778 | 64 |
| 810 | 0.5114888 | 3305 | 2580 | 40 |
| 811 | 0.2819872 | 5994 | 4680 | 68 |
| 812 | 0.2188964 | 7722 | 6029 | 68 |
| 813 | 0.3737075 | 4523 | 3532 | 68 |
| 814 | 0.1966708 | 8594 | 6711 | 60 |
| 815 | 0.3737075 | 4523 | 3532 | 68 |
| 816 | 0.1636928 | 10326 | 8063 | 68 |
| 817 | 0.1636928 | 10326 | 8063 | 68 |
| 818 | 0.3428457 | 6213 | 5898 | 67 |
| 819 | 0.3911654 | 5445 | 5169 | 67 |
| 820 | 0.787868 | 2703 | 2566 | 58 |
| 821 | 0.3622083 | 4667 | 3644 | 46 |
| 822 | 0.4620099 | 3659 | 2857 | 40 |
| 823 | 0.5121387 | 3300 | 2577 | 40 |
| 824 | 0.5121387 | 3300 | 2577 | 40 |
| 825 | 0.6947166 | 3066 | 2911 | 57 |
| 826 | 0.4283705 | 4972 | 4720 | 57 |
| 827 | 0.29421 | 7240 | 6873 | 57 |
| 828 | 0.721155 | 2954 | 2804 | 67 |
| 829 | 0.1416098 | 15041 | 14279 | 67 |
| 830 | 0.5493706 | 3877 | 3681 | 67 |
| 831 | 0.2372599 | 8977 | 8522 | 67 |
| 832 | 0.199037 | 10702 | 10159 | 67 |
| 833 | 0.3327567 | 5080 | 3966 | 40 |
| 834 | 0.1919046 | 11099 | 10536 | 40 |
| 835 | 0.1919046 | 11099 | 10536 | 40 |
| 836 | 0.5414317 | 3934 | 3735 | 40 |
| 837 | 0.5414317 | 3934 | 3735 | 40 |
| 838 | 2.412652 | 701 | 547 | 40 |
| 839 | 2.412652 | 701 | 547 | 40 |
| 840 | 0.3843192 | 4398 | 3434 | 40 |
| 841 | 0.3843192 | 4398 | 3434 | 40 |
| 842 | 0.5922114 | 2854 | 2229 | 40 |
| 843 | 0.5922114 | 2854 | 2229 | 40 |
| 844 | 0.1687446 | 10017 | 7821 | 40 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 845 | 0.1687446 | 10017 | 7821 | 40 |
| 846 | 0.1730135 | 9770 | 7628 | 40 |
| 847 | 0.1730135 | 9770 | 7628 | 40 |
| 848 | 0.2001499 | 8445 | 6594 | 40 |
| 849 | 0.2001499 | 8445 | 6594 | 40 |
| 850 | 0.0642399 | 33157 | 31476 | 75 |
| 851 | 0.1028175 | 20716 | 19666 | 75 |
| 852 | 0.1669631 | 12757 | 12110 | 75 |
| 853 | 0.2450979 | 8690 | 8250 | 75 |
| 854 | 0.1362545 | 15633 | 14840 | 75 |
| 855 | 0.3813524 | 5585 | 5302 | 75 |
| 856 | 0.4917464 | 4332 | 4112 | 75 |
| 857 | 0.4917464 | 4332 | 4112 | 75 |
| 858 | 0.1524606 | 13971 | 13262 | 40 |
| 859 | 0.0605594 | 35172 | 33389 | 40 |
| 860 | 0.2130198 | 9999 | 9492 | 40 |
| 861 | 0.2022355 | 10532 | 9998 | 40 |
| 862 | 0.2022355 | 10532 | 9998 | 40 |
| 863 | 0.3603036 | 4691 | 3663 | 62 |
| 864 | 0.2489817 | 6789 | 5301 | 62 |
| 865 | 0.2489817 | 6789 | 5301 | 62 |
| 866 | 0.423327 | 3993 | 3118 | 62 |
| 867 | 0.423327 | 3993 | 3118 | 62 |
| 868 | 0.2251277 | 7508 | 5862 | 62 |
| 869 | 0.2251277 | 7508 | 5862 | 62 |
| 870 | 0.3701319 | 4567 | 3566 | 40 |
| 871 | 0.2445008 | 6913 | 5398 | 40 |
| 872 | 0.2445008 | 6913 | 5398 | 40 |
| 873 | 0.1575685 | 10727 | 8376 | 40 |
| 874 | 0.1575685 | 10727 | 8376 | 40 |
| 875 | 0.3777454 | 4475 | 3494 | 40 |
| 876 | 0.3777454 | 4475 | 3494 | 40 |
| 877 | 0.2607562 | 6482 | 5061 | 40 |
| 878 | 0.2607562 | 6482 | 5061 | 40 |
| 879 | 0.960471 | 1760 | 1374 | 40 |
| 880 | 0.960471 | 1760 | 1374 | 40 |
| 881 | 0.235996 | 9026 | 8568 | 50 |
| 882 | 0.235996 | 9026 | 8568 | 50 |
| 883 | 0.1483838 | 14355 | 13627 | 50 |
| 884 | 0.1483838 | 14355 | 13627 | 50 |
| 885 | 0.5152923 | 4134 | 3924 | 70 |
| 886 | 0.5152923 | 4134 | 3924 | 70 |
| 887 | 0.2130389 | 9998 | 9491 | 70 |
| 888 | 0.2130389 | 9998 | 9491 | 70 |
| 889 | 0.6695611 | 3181 | 3020 | 70 |
| 890 | 0.6695611 | 3181 | 3020 | 70 |
| 891 | 0.26799 | 7948 | 7545 | 70 |

B. Karakteristik Ruas Jalan

| Kode | Panjang (km) | Vol _{max} | Volume | Kecepatan |
|------|--------------|---------------------|--------|------------|
| Ruas | | (q _{max}) | (q) | Arus Bebas |
| 892 | 0.26799 | 7948 | 7545 | 70 |
| 893 | 0.4147219 | 5136 | 4876 | 70 |
| 894 | 0.4147219 | 5136 | 4876 | 70 |
| 895 | 0.3982002 | 5349 | 5078 | 70 |
| 896 | 0.3982002 | 5349 | 5078 | 70 |
| 897 | 0.253786 | 8393 | 7967 | 70 |
| 898 | 0.253786 | 8393 | 7967 | 70 |
| 899 | 0.7646554 | 2786 | 2644 | 70 |
| 900 | 0.7646554 | 2786 | 2644 | 70 |
| 901 | 0.3046473 | 5548 | 4332 | 40 |
| 902 | 0.3046473 | 5548 | 4332 | 40 |
| 903 | 0.4805897 | 3517 | 2746 | 40 |
| 904 | 0.4805897 | 3517 | 2746 | 40 |
| 905 | 0.2810388 | 6014 | 4696 | 40 |
| 906 | 0.2810388 | 6014 | 4696 | 40 |
| 907 | 0.6607724 | 2558 | 1997 | 40 |
| 908 | 0.6607724 | 2558 | 1997 | 40 |
| 909 | 0.1348092 | 12538 | 9790 | 40 |
| 910 | 0.1348092 | 12538 | 9790 | 40 |
| 911 | 0.4301092 | 3930 | 3068 | 40 |
| 912 | 0.4301092 | 3930 | 3068 | 40 |
| 913 | 0.3315696 | 5098 | 3980 | 40 |
| 914 | 0.3315696 | 5098 | 3980 | 40 |
| 915 | 0.3123269 | 5412 | 4226 | 40 |
| 916 | 0.3123269 | 5412 | 4226 | 40 |
| 917 | 0.291194 | 5805 | 4532 | 51.5 |
| 918 | 0.291194 | 5805 | 4532 | 51.5 |
| 919 | 0.2683092 | 6300 | 4919 | 51.5 |
| 920 | 0.2683092 | 6300 | 4919 | 51.5 |
| 921 | 0.0836859 | 20198 | 15771 | 51.5 |
| 922 | 0.0836859 | 20198 | 15771 | 51.5 |
| 923 | 0.3274874 | 5161 | 4030 | 51.5 |
| 924 | 0.3274874 | 5161 | 4030 | 51.5 |
| 925 | 0.57409 | 2944 | 2299 | 51.5 |
| 926 | 0.57409 | 2944 | 2299 | 51.5 |
| 927 | 0.2292893 | 7372 | 5756 | 51.5 |
| 928 | 0.2292893 | 7372 | 5756 | 51.5 |

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priwarnela, Risya, “*Aplikasi Algoritma Hibrida Dua Tahap Pada Pick Up And Delivery Vehicle Routing Problem With Time Windows*”, Tugas Akhir Jurusan Matematika FMIPA-UI, Depok, 2012.
- [2] Firmansyah, Ardian, “*Algoritma Improved Ant Colony System Untuk Menyelesaikan Dynamic Pick Up And Delivery Problem With Time Window Pada Penyedia Layanan Kurir Dalam Kota*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2011.
- [3] Alkaff, Abdullah, “*Analisis Jaringan*”, Diktat Kuliah Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 1997.
- [4] Alam, Akhmad Fajar Nurul, “*Algoritma Improved Ant Colony System Untuk Menyelesaikan Dynamic Vehicle Routing Problem With Time Window Dengan Variabel Travel Time*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2011.
- [5] Tansini, Libertad., Viera, Omar., “*Adapted Clustering Algorithms for the Assignment Problem in the MDVRPTW*”, Reporte Tecnico RT 04-13, Uruguay, 2004.
- [6] Tansini, L., Urquhart, M., Viera, O., “*Comparing Assignment Algorithms for the Multi-Depot VRP*”, Uruguay, 2007.
- [7] Kusumadewi, Sri., Purnomo, Hari., “*Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-teknik Heuristik*”, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.
- [8] Fredivianus, Nugroho, “*Penggunaan Model Multiple Vehicle Routing Problem dalam Optimasi Jaringan Distribusi Part di PT. Astra Internasional Tbk. Toyota Sales Operation AUTO2000 Surabaya*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS Surabaya, 2005.
- [9] Lin, S.W., Ying, K.C., Lee, Z.J., Chen, H.S., “*Vehicle Routing Problem with Time Windows Using Simulated Annealing*”, 2006

IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 645-650, Taiwan, 2006.

- [10] Sibuea, R.M.I, “*Algoritma Particle Swarm Optimization untuk Menyelesaikan Multi Depot Vehicle Routing Problem dengan Variabel Travel Time*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2015.
- [11] Nugroho, R.H, “*Algoritma Ant Colony System untuk Menyelesaikan Multi Depot Vehicle Routing Problem dengan Variabel Travel Time*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2015.
- [12] Ahuja, R.K., Magnanti, T.L., Orlin, J.B., “*Network Flows-Theory, Algorithms, and Applications*”, Prentice Hall, New Jersey, USA, 1993.

RIWAYAT HIDUP



Raymond Lamhot Sinaga, lahir di kota Surabaya 22 tahun silam tepatnya pada tanggal 8 April 1992. Setelah lulus dari SMA Negeri 5 Surabaya pada tahun 2007, penulis melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Elektro ITS pada tahun yang sama.

Selama masa perkuliahan penulis pernah aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro dengan jabatan sebagai Kepala Departemen Lingkar Kampus dan juga pernah menjadi panitia SITIA 2012. Selain itu penulis juga aktif sebagai asisten Laboratorium Teknik Sistem B405.

Halaman ini sengaja dikosongkan